أساسيات الهندسة الكهربائية

الجزء الثاني





الأسس التكنولوجية

أساسيات الهندسة الكهربائية

مؤسسة الأهرام بالقاهرة
المؤسسة الشعبية للتأليف بليبزج

Edition Leipzig and Al-Ahram Cairo

الأسس التكنولوجية

الترجمة العربية بإشراف

دكتور مهندس أنور محمود عبد الواحد

أساسيات الهندسة الكهربائية

الجزء الثانى

تاليف : هاينز جراف

ترجمة : المهندس أحمد مختار شافعى

المهندس إبراهيم يعقوب مطر

Printed by AL-AHRAM, CAIRO

هذا الكتاب هو الترجمة الكاملة لكتاب

ELECTRICAL ENGINEERING FUNDAMENTALS II

من سلسلة : **TECHNICAL FUNDAMENTALS**

تصـــدير

هذه السلسلة – الأسس التكنولوجية – ثمرة تعاون وثيق هادف بين دارين من أكبر دور النشر العالمية ، إحداهما دار النشر فى لايبزج Edition Leipzig ، والثانية مؤسسة الأهرام .

وقد تضافرت جهود الدارين على تحقيق النشر العربى لهذه السلسلة الرفيعة التى لقيت كتبها المنشورة بالإنجليزية والفرنسية والأسبانية إقبالا منقطع النظير . ولا عجب أن تنتقى مؤسسة الأهرام هذه السلسلة بالذات لتكون طليعة نشاطها فى مجال النشر العلمى والتكنولوجى .

فالمتصفح لأى كتاب من كتب السلسلة ، أو المستعرض لعناوين الكتب التى صدرت منها حتى الآن ، يجد أن التخطيط لهذه السلسلة يقوم على تبصر عميق باحتياجات الطبقة العريضة من الملاحظين والفنيين الذين يمثلون عصب الإنتاج الصناعى ونوته الكامنة الحقيقية ، لذلك فإن دار النشر فى لايبزج قد عهدت إلى أعلام التأليف التكنولوجى فى جمهورية ألمانيا الديموقراطية بتصنيف كتب هذه السلسلة ، كما عهدت مؤسسة الأهرام إلى خيرة المهندسين ورجال العلم ممن لهم نشاط واسع فى مجال الترجمة الفنية للقيام بهذه المهمة .

وواقع الأمر أن فائدة هذه السلسلة غير مقصورة على الملاحظين والفنيين فحسب ، بل هى بالغة الأهمية أيضاً للمهندسين الذين يبتغون توسيع آفاق خبراتهم بالاطلاع على التخصصات الأخرى ، ولغير الفنيين الذين يريدون أن تتكامل معلوماتهم فى مختلف المجالات التكنولوجية .

أنور محمود عبد الواحد

المحتويات

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

هندسة الاتصالات السلكية و اللاسلكية

صفحة

مقـــدمة

سبق أن تناولنا فى الجزء الأول من كتاب « أساسيات الهندسة الكهربائية » شرح الأسس الفيزيقية والتكنولوجية لهندسة الكهربائية والجوانب المختلفة للفروع المتعلقة بهذا المجال .

وتعطى دراسة الجزء الأول ، المعلومات الفيزيقية الأساسية للكهرباء ، وكيفية قياس الكميات الكهربائية ، مع شرح أجهزة القياس المستخدمة وطرق اختبارها ومعايرتها .

وهذا الجزء الثانى يبحث فى مجالين واسعين من مجالات الهندسة الكهربائية هما :

« هندسة القوى الكهربائية » و « هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية »

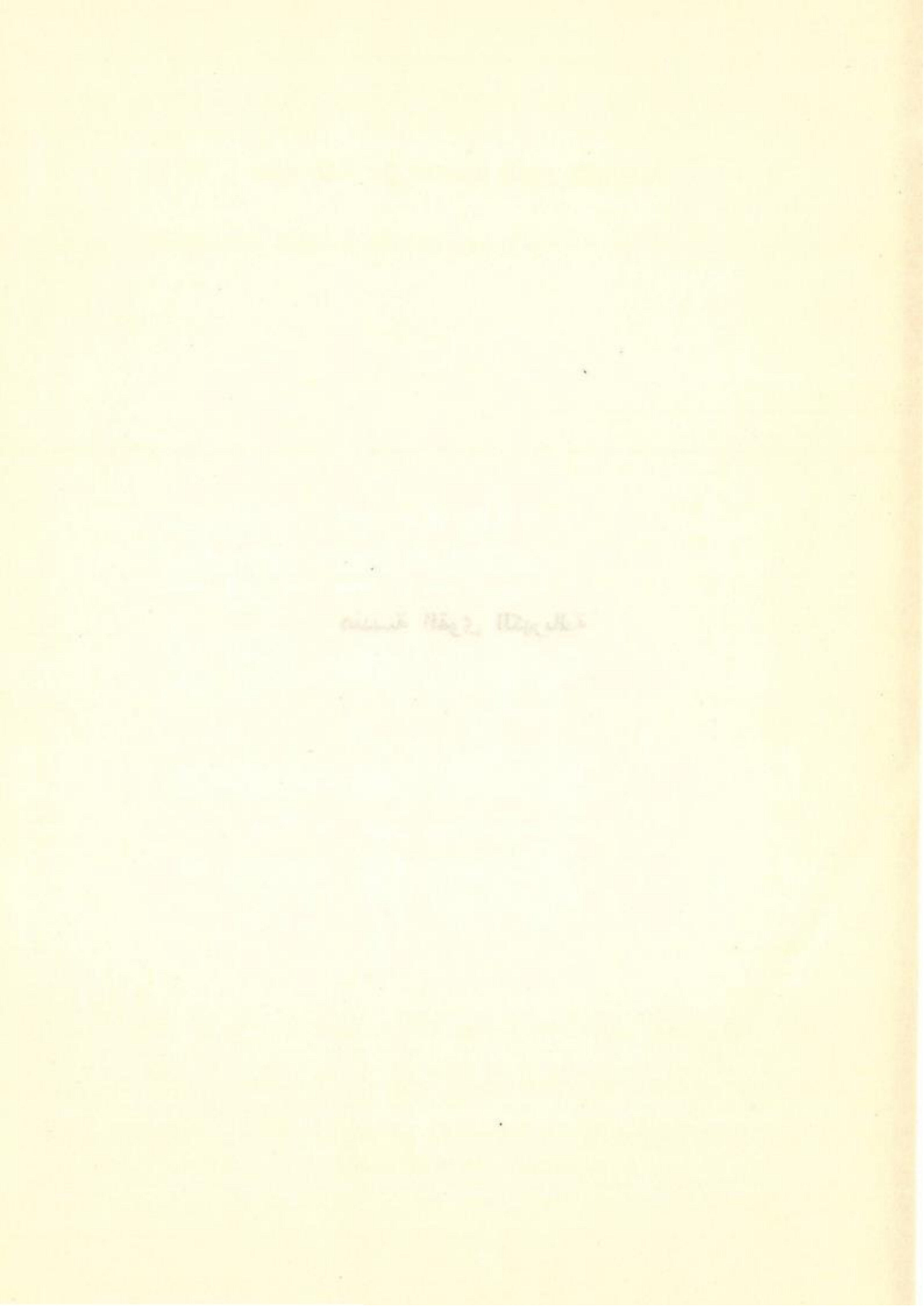
ويتناول القسم الخاص بهندسة القوى الكهربائية كيفية توليد الطاقة الكهربائية وتحويلها إلى أشكال أخرى من الطاقة .

أما القسم الخاص بهندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية (هندسة التيار الضعيف) فيتناول كيفية توصيل المعلومات بعد تحويلها إلى إشارات كهربائية ضعيفة من مكان إلى آخر .

وتقسيم الكتاب إلى هذين المجالين لا يعنى أنهما منفصلان عن بعضهما البعض ، بل على العكس من ذلك فإن كلا منهما يرتبط بالآخر ارتباطاً وثيقاً . فأى جهاز راديو أو تليفزيون يحتاج إلى كمية من القدرة الكهربائية لاستقبال الإشارات الكهربائية الضعيفة وتحويلها إلى معلومات مسموعة أو مرئية . كما أن كثيراً من المحركات الكهربائية وتركيبات الإضاءة يتم تنظيمها والتحكم فيها بواسطة مركبات كهربائية ذات قدرة دخل منخفض ، أى تعمل بتيار ضعيف . ويتضح من ذلك أن هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية وثيقة الصلة بهندسة القوى الكهربائية .

ويقدم هذا الكتاب دراسة مستفيضة فى الفروع المختلفة للهندسة الكهربائية وفى الأساسيات الكهربائية ، بحيث يمكن للقارئ ، مستعيناً بهذه المعلومات ، أن يتعرف بسهولة على طبيعة العلاقة التى تربط مجال « هندسة القوى الكهربائية » بمجال هندسة « الاتصالات السلكية واللاسلكية » (هندسة التيار الضعيف) .

هندسة القوى الكهربائية



نظرة عامة على هندسة القوى الكهربائية

يشمل مجال هندسة القوى الكهربائية الموضوعات الآتية :

– توليد الطاقة الكهربائية .

– نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية والتحكم فيها .

– تحويل الطاقة الكهربائية إلى أنواع أخرى من الطاقة .

وتغطى الموضوعات الثلاثة السابقة كل ما يتعلق بهندسة القوى الكهربائية ابتداء من « محطة توليد القدرة الكهربائية » ، حتى وصول الطاقة إلى المستهلك . فى محطة توليد القدرة الكهربائية تتحول الطاقة الميكانيكية ، أو طاقة المساقط المائية ، أو الطاقة الحرارية (الطاقة المتولدة نتيجة لاحتراق الفحم مثلا) إلى طاقة كهربائية . ومن هذه المحطة تنقل الطاقة الكهربائية ، وتوزع على المستهلكين . وفى الأجهزة والمعدات التى يستخدمها المستهلك تحول الطاقة الكهربائية إلى أى نوع آخر من الطاقة المطلوبة : ميكانيكية أو حرارية أو ضوئية .

توليد الطاقة الكهربائية :

تولد الطاقة الكهربائية بإحدى الطرق الآتية :

– آلات توليد الطاقة الكهربائية (المولدات) .

– الطرق الكيميائية لتوليد الطاقة الكهربائية (البطاريات) .

– الطرق الضوئية لتوليد الطاقة (الخلايا الكهرضوئية) .

آلات توليد الطاقة الكهربائية (المولدات) :

تولد الطاقة الكهربائية بكميات كبيرة فى محطات توليد القدرة الكهربائية. وتقسم المحطات تبعاً لنوع الطاقة التى تقوم بدفع المحرك الأولى إلى :

(ا) محطات حرارية : يدار فيها المحرك الأولى باستخدام الطاقة الناتجة من احتراق الوقود .

(ب) محطات هيدروليكية : يدار فيها المحرك الأولى باستخدام الطاقة الناتجة من وجود فرق بين منسوبى المياه فى مجرى النهر .

(ج) محطات هوائية : يدار فيها المحرك الأولى باستخدام تيار الهواء .

الطرق الكيميائية لتوليد الطاقة الكهربائية (البطاريات) :

تولد الطاقة الكهربائية بكميات صغيرة بالطرق الكيميائية بواسطة البطاريات والمراكم. وتنقسم المراكم عادة إلى :

(ا) مراكم قلوية : سائلها الإلكتروليتي قلوي .

(ب) مراكم حمضية : سائلها الإلكتروليتي حمضي .

الطرق الضوئية لتوليد الطاقة الكهربائية (الخلايا الكهرضوئية) :

تولد الطاقة الكهربائية بكميات صغيرة جداً باستخدم عناصر حساسة للضوء يطلق عليها اسم « الخلايا الكهرضوئية » .

ولقد تناولنا بالشرح المولدات والبطاريات فى قسم هندسة القوى الكهربائية، بينما تناولنا موضوع الخلايا الكهرضوئية فى قسم هندسة التيار الضعيف (هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية) .

نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية :

تنقل الطاقة الكهربائية بواسطة خطوط تغذية بنظام جهد عال ، ثم يخفض هذا الجهد العالى بواسطة محولات القدرة ، وبعد ذلك توزع الطاقة بواسطة خطوط تغذية بنظام جهد منخفض ، حتى يصل إلى المستهلك . ويطلق على خطوط التغذية هذه عادة اسم « شبكة النقل والتوزيع » .

وسائل التحكم فى الطاقة الكهربائية

تستخدم وسائل التحكم فى نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية لعملية الإشراف والتحكم والحماية وتنقسم إلى :

١ – وسائل تحكم فى الجهد المنخفض .

٢ – وسائل تحكم فى الجهد العالى .

أجهزة تحويل نوع من الطاقة الكهربائية إلى أنواع أخرى من الطاقة :

يشمل هذا القسم المعدات والآلات المستخدمة فى تحويل الطاقة الكهربائية إلى أنواع أخرى من الطاقة ، وتنقسم إلى :

أولا : أجهزة تحويل نوع من الطاقة الكهربائية إلى نوع آخر من الطاقة الكهربائية :

يشمل هذا الباب المحولات والمغيرات والمقومات . . . . إلخ ، والتى تقوم بتحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر والعكس ، أو بتحويل التيار أو الجهد من قيمة معينة إلى قيمة أخرى .

ثانياً : أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية :

ويتضمن هذا الباب شرحاً وافياً للمحركات الكهربائية والمغنطيسات الرافعة التى تقوم بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية .

ثالثاً : أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية :

تناولنا فى هذا الباب كيفية استخدام التحليل الإلكتروليتى لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية لاستخدامها فى عمليات الجلفنة وطلاء المعادن ، وفى عمليات الترسيب الكهربائى لاستخراج النحاس النقى والفلزات الأخرى .

رابعاً : أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية :

ناقشنا فى هذا الباب استخدام المصابيح بأنواعها المختلفة لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية ، مثل المصابيح المتوهجة والمصابيح المتألقة ومصابيح الصوديوم . . . . إلخ .

خامساً : أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية :

أوجزنا فى هذا الباب كيفية استخدام المقاومات والأفران الكهربائية وطرق الحث الكهرمغنطيسى والإشعاعات ، لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية .

وقد أعطينا بهذا الموجز فكرة عامة عن هندسة القوى الكهربائية التى سنتناولها بالشرح ، علماً بأن هذا الكتاب لا يبحث فى العمليات الصناعية الخاصة بتصنيع المحركات الكهربائية أو أى طراز من الآلات الكهربائية ذات الكفاءة العالية ، أو وصف المصانع التى تستطيع إنتاج مئات المصابيح المتوهجة فى أقل فترة من الزمن . وإنما يتناول وصف وشرح التصميمات وطرق التشغيل ومجال استخدام المحولات والمحركات ومعدات الطاقة الكهربائية بأنواعها المختلفة .

الباب الأول
آلات توليد الطاقة الكهربائية
(المولدات)

(١) عـام :

تولد الطاقة الكهربائية فى محطات توليد القدرة بواسطة آلات كهربائية دوارة ، يطلق عليها اسم المولدات . وتتركب جميع أنواع المولدات من عضو ساكن (ثابت) ، وعضو دوار . يدار العضو الدوار عادة بواسطة آلـة تسمى المحرك الأولى .

ويطلق اسم « الدينامو » على المولدات الصغيرة المستخدمة فى تغذية النظام الكهربائى للسيارات والدراجات . ويتميز الدينامو عن المولدات المستخدمة فى محطات توليد القدرة الكهربائية بصغر حجمه وانخفاض قدرة خرجه .

(٢) تصنيف المولدات تبعا لكيفية إثارتها :

تنبنى نظرية المولد على القوة الدافعة الكهربائية التأثيرية المتولدة بالحث فى الملفات الموجودة على عضو الإنتاج (العضو الدوار) ، حيث تقطع هذه الملفات أثناء دورانها خطوط القوى المغنطيسية الناشئة من مغنطيس دائم مثل ذلك المستخدم فى حالة الدينامو ، أو من مغنطيس كهربائى مثل ذلك المستخدم فى حالة المولدات الكبيرة . وتسمى المغنطيسات الكهربائية عادة مغنطيسات المجـال .

ويطلق خبراء تصميم الآلات الكهربائية على طرق تغذية ملفات مغنطيسات المجال بالتيار الكهربائى اسم « الإثارة » أو « إثارة المولدات » .

وتقسم المولدات عادة تبعاً لكيفية إثارة ملفات مغنطيسات المجال إلى :

(ا) مولدات بإثارة منفصلة ،

(ب) مولدات بإثارة ذاتية تلقائية ،

(ج) مولدات بإثارة ذاتية .

(أ) مولدات باثارة منفصلة :

يوضح شكل (١) الفكرة الأساسية للإثارة المنفصلة ، وتتلخص فى توصيل ملفات إثارة مغنطيسات المجال بمصدر منفصل للطاقة لتغذيتها بالتيار اللازم لعملية الإثارة .

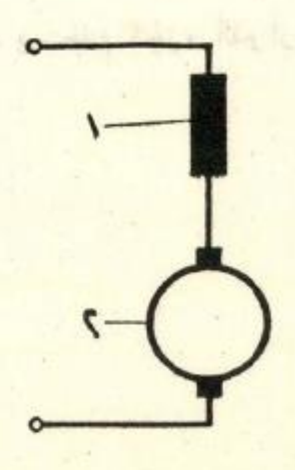
وقد يكون هذا المصدر بطارية أو دينامو أو أى مصدر للتيار المستمر .

الشكل (١) مولد بإثارة منفصلة
١ – مغنطيسيات المجال وحولها ملفات الإثارة
٢ – مصدر منفصل للطاقة الكهربائية

الشكل (٢) مولد بإثارة تلقائية
١ – المولد الرئيسى
٢ – مولد تيار مستمر يستخدم لعملية الإثارة فقط
٣ – رمز تخطيطى لعملية الإثارة التلقائية

(ب) مولدات بإثارة ذاتية تلقائية :

يوضح شكل (٢) الفكرة الأساسية للإثارة الذاتية التلقائية . وتتلخص فى تركيب مولد صغير للتيار المستمر على عمود إدارة المولد الأساسى بحيث يدور المولدان معاً . ويستخدم التيار المستمر الناتج من المولد الصغير لتغذية ملفات الإثارة للمولد الأساسى .



الشكل (٣) مولد بإثارة ذاتية
١ – ملفات المجال موضوعة بالعضو الساكن
٢ – ملفات العضو الدوار .

(ج) مولدات بإثارة ذاتية :

وجد « فيرنر سيمنز » (١٨١٦ – ١٨٩٢) أنه يمكن أن تتم الإثارة الذاتية لمولد تيار مستمر ، عندما تكون ملفات عضوه الساكن ، وملفات عضوه الدوار متصلة معاً على التوازى ، وموصلة على التوالى بالأجهزة أو التركيبات الكهربائية المطلوب استخدام التيار فيها ، كما هو مبين بالشكل (٣) . وفى هذه الحالة تنتج الإثارة الذاتية عندما يدور العضو الدوار بين المغنطيسات الكهربائية التى لها قلوب حديدية سبق مغنطتها .

فن المعروف أن القلوب الحديدية تحتفظ بجزء من المغنطيسية يطلق عليها اسم « المغنطيسية المتبقية » . ويتبقى هذا الجزء بعد عملية المغنطة الأولى وبعد انقطاع التيار عن الملفات المحيطة بها . وتفيد هذه المغنطيسية المتبقية بعد ذلك فى إيجاد مجال مغنطيسى يكفى على كل حال لكى ينتج بالحث قوة دافعة كهربائية منخفضة فى ملفات عضو الإنتاج عند بدء دورانه . وتؤدى هذه القوة الدافعة الكهربائية بدورها إلى مرور تيار فى ملفات الإثارة الموصلة على التوالى بالأجهزة، الأمر الذى تنتج عنه زيادة الفيض (التدفق) المغنطيسى لمغنطيسات المجال ،، بالتالى إلى زيادة القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بالحث فى عضو الإنتاج . وهكذا يزداد التدفق المغنطيسى تبعاً لتزايد شدة تيار الإثارة إلى أن تصل الدائرة المغنطيسية إلى حالة التشبع . ويطلق على ظاهرة « الإثارة الذاتية » أيضاً اسم « الظاهرة الدينموكهربية » .

وتتميز المولدات ذات الإثارة الذاتية بأنها أقل أنواع المولدات تكلفة سواء فى صناعتها أو صيانتها .

المولدات ذات القطب الداخلى ، والمولدات ذات القطب الخارجى :

يمكن وضع مغنطيسات المجال للمولدات إما بالعضو الساكن أو العضو الدوار .

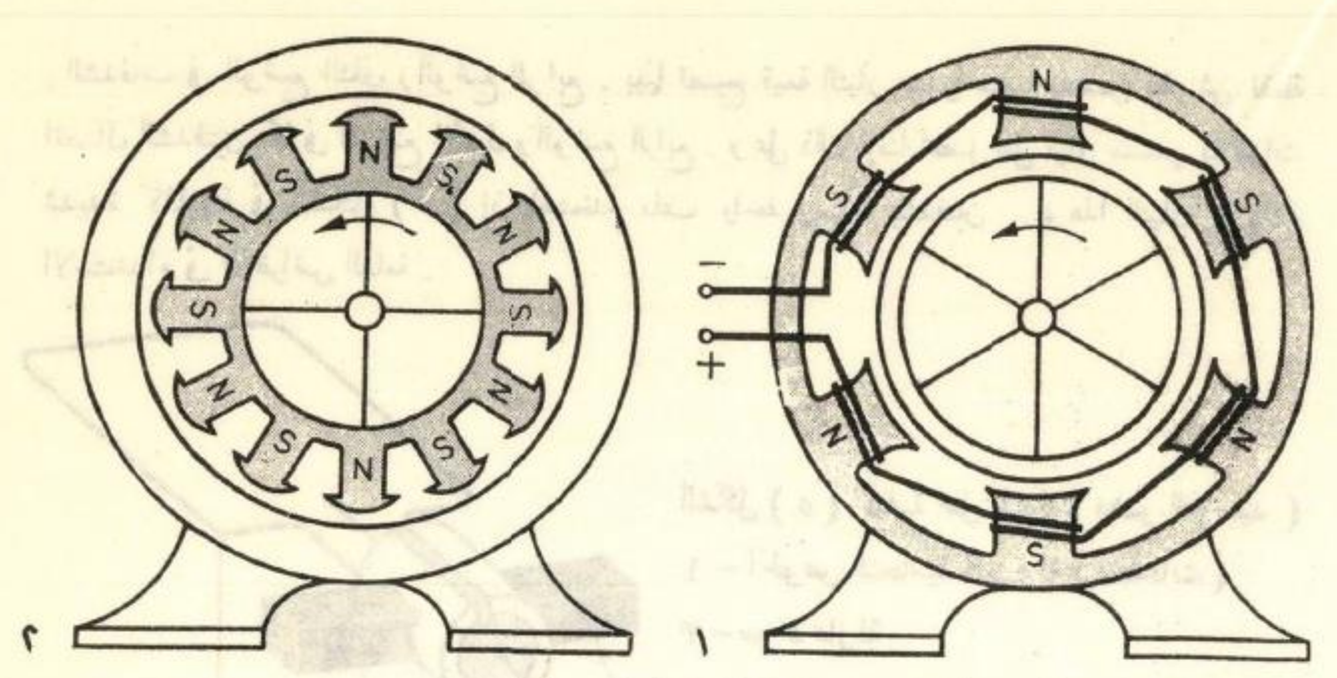
وتعرف المولدات بأنها ذات قطب خارجى إذا كانت ملفات الإثارة موجودة بالعضو الساكن . أما إذا كانت ملفات الإثارة موجودة بالعضو الدوار ، فيعرف المولد بأنه ذا قطب داخلى . وأكثر مولدات التيار المتردد (بما فى ذلك المولدات الثلاثية الأطوار) آلات ذات قطب داخلى . أما مولدات التيار المستمر فهى عادة آلات ذات قطب خارجى ، حيث يستخدم الجزء الدوار فى توليد التيار المستمر .

يبين الشكل (٤) هذين النوعين من المولدات .

وتقسم المولدات عادة من حيث نوع التيار الذى تقوم بتوليده إلى :

أولا : مولدات التيار المستمر .

ثانياً : مولدات التيار المتردد .



الشكل (٤) آلات بأقطاب خارجية وآلات بأقطاب داخلية
١ – آلات بأقطاب خارجية .
٢ – آلات بأقطاب داخلية .

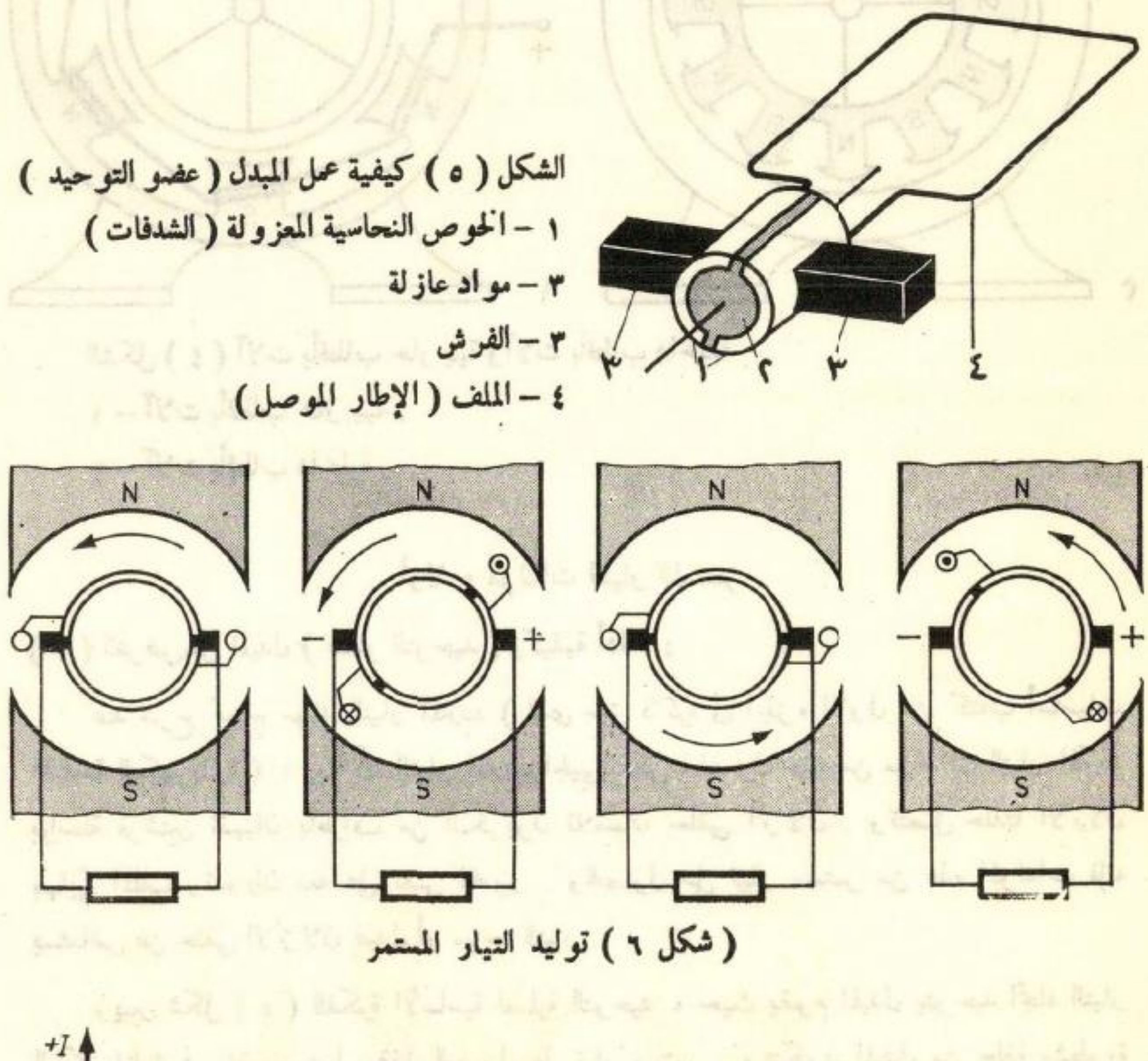
أولا : مولدات التيار المستمر

(٣) الغرض من المبدل (عضو التوحيد) وكيفية أدائه :

عند شرح نموذج مولد التيار المتردد (الذى سبق ذكره فى الجزء الأول من كتاب أساسيات الهندسة الكهربائية) ، بينا أن التيار المتردد الجيبى يمكن الحصول عليه من مولدات التيار المتردد بواسطة فرشتين تنتهيان بأطراف من الكربون تلامسان حلقتى انزلاق . وتتصل حلقتا الانزلاق بنهايتى الملف وتدوران معه على نفس المحور . وللحصول على تيار مستمر من هذه المولدات فإنه يستعاض عن حلقتى الانزلاق بمبدل أو موحد للتيار .

ويبين شكل (٥) الفكرة الأساسية لعملية التوحيد ، حيث يقوم المبدل بتوحيد اتجاه التيار الناتج بالحث فى ملف موصل مقفل للحصول على تيار مستمر . ويتكون المبدل من حلقة مشطورة إلى نصفين معزولين ، أو خوصتين معزولتين يطلق على كل واحدة منهما اسم « شدفة » . وتتصل كل شدفة منهما بإحدى نهايتى الملف . وينزلق المبدل على فرشتين ثابتتين . وعندما يدور الملف تلامس كل فرشة نصفى الحلقة بالتناوب ، وبذلك يخرج من الفرشتين تيار مستمر يسرى فى اتجاه واحد . ويبين الشكل (٦) دورة من دورات عضو إنتاج بملف واحد مقفل ومبدل بشدفتين فى أربعة أوضاع (لحظات) مختلفة . ومن هذا الشكل يتضح أنه إذا كانت الدائرة الخارجية مقفلة فإن التيار المتولد يمر فى اتجاه واحد فقط . أى عند توصيل أى جهاز بين الطرفين (١) ، (٢) فإن التيار يكون له قيمة كبيرة ، ويمر دائماً من النهاية (١) إلى النهاية (٢) عندما تكون الفرش

ر الشدفات فى الوضع الثانى والوضع الرابع . بينما تصبح قيمة التيار صفراً عندما تلامس الفرش نقطة اتصال الشدفتين كما فى الوضع الأول والوضع الرابع . وعلى ذلك فإننا نحصل على تيار مستمر بنبضات شديدة كالمبينة فى الشكل (٧) إذا استخدم ملف واحد ومبدل بشدفتين . وهذا التيار لا يلائم الاستخدام فى الأغراض العامة .



الشكل (٥) كيفية عمل المبدل (عضو التوحيد)
١ – الحوص النحاسية المعزولة (الشدفات)
٣ – مواد عازلة
٣ – الفرش
٤ – الملف (الإطار الموصل)

(شكل ٦) توليد التيار المستمر

الشكل (٧) تيار مستمر نبضى

ويمكن الحصول على تيار مستمر منعم أملس خال من النبضات ، يصلح للأغراض العامة ، باستخدام مولد له عضو إنتاج به عدة أزواج من الملفات بدلا من ملف واحد . ويستخدم مع عضو الإنتاج فى هذه الحالة مبدل مكون من عدد من الشدفات (الخوصات المعزولة) مساو لعدد الملفات الموجودة فى عضو الإنتاج .

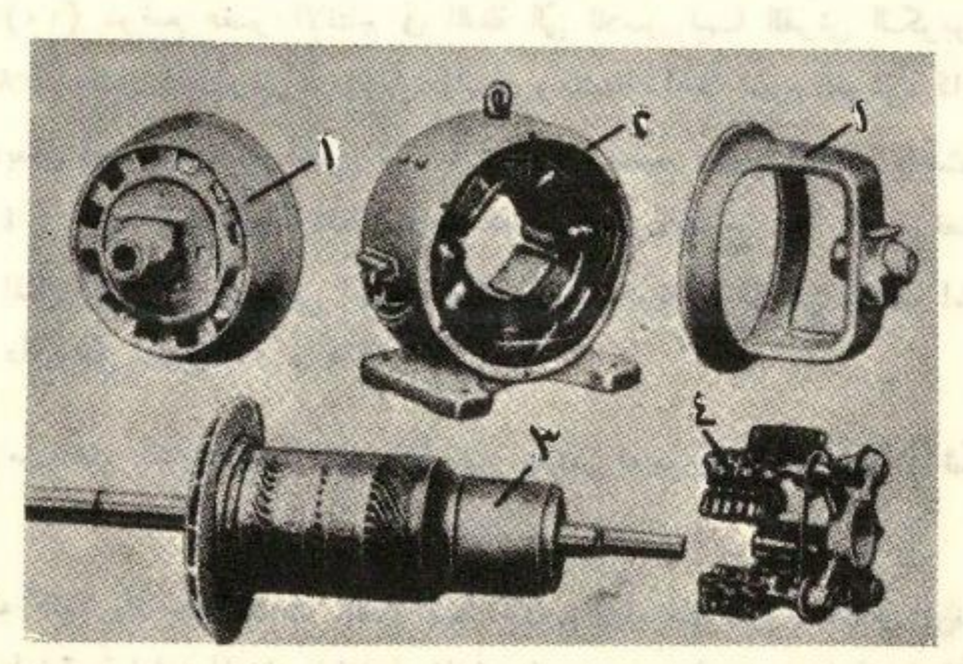
(٤) التصميم الميكانيكى لمولد تيار مستمر :

يبين شكل (٨) مولداً للتيار المستمر . ويتكون عادة من الأجزاء الرئيسية التالية :

- مسندان لكراسى التحميل يرتكز عليهما عمود الإدارة لعضو الإنتاج .
- إطار مثبت بداخله العضو الساكن ومغنطيسات المجال وحولها ملفات الإثارة .
- عضو إنتاج أسطوانى الشكل مصنوع من رقائق من الحديد السيليكونى، فيه مجار توضع بداخلها الملفات التى يتولد بها التيار بالحث الكهرمغنطيسى .
- حامل الفرش وبداخله فرش كربونية لتوصيل التيار المتولد إلى الدائرة الخارجية .

يصنع المسندان عادة من الزهر المسبوك ، ويستخدمان فى تثبيت كراسى التحميل التى يرتكز عليها عمود إدارة عضو الإنتاج . وتفيد كراسى التحميل فى تسهيل دوران عضو الإنتاج مع بقائه متمركزاً مع الإطار ومغنطيسات المجال .

ويصنع الإطار عادة من الصلب المسبوك. ويستخدم فىحمل مغنطيسات المجال وكراسى التحميل . أما عضو الإنتاج فيصنع من رقائق من ألواح الدينامو . وألواح الدينامو عبارة عن سبيكة من الصلب الطرى المحتوى على نسبة من السيليكون ، ويغطى سطحها من الخارج مادة عازلة . ويفيد السيليكون والمادة العازلة فى الحد من التيارات الدوامية التى تتولد بالحث فى الحديد أثناء الدوران . ويزود عضو الإنتاج بمجار يوضع بداخلها الملفات التى يتولد بها التيارات بالحث الكهرمغنطيسى ، كما يزود عضو الإنتاج أيضاً بعمود إدارة لتسهيل دورانه. ويحمل عمود الإدارة المبدل(عضو التوحيد) ، ومروحة تبريد فى بعض الأحيان .



الشكل (٨) الوحدات التى يتركب منها مولد التيار المستمر
١ – حامل كراسى التحميل ٣ – عضو الإنتاج الأسطوانى
٢ – الإطار الرئيسى للمولد وبه مغنطيسات المجال ٤ – حامل الفرش

(٥) التيار المستمر المتولد من عضو إنتاج بأربعة ملفات :

سبق أن بينا أن التيار المستمر الذى نحصل عليه من عضو إنتاج أسطوانى بملف وحيد وبمبدل بشدفتين فقط هو تيار مستمر بنبضات شديدة . وللحصول على تيار مستمر منعم (أملس) به عدد قليل من النبضات ، يستخدم مولد له عضو إنتاج أسطوانى به عدد كبير من الملفات . ويبين الشكل (٩) عضو إنتاج بأربعة ملفات موصلة على التوالى ، على أن توصل نقطة اتصال طرفى كل ملفين متتالين بإحدى شدفات المبدل الأربعة . وعند دوران عضو الإنتاج فى الاتجاه المبين فى الشكل يتولد بالحث فى الملفين (١ ، ٢) جهد له نفس قيمة الجهد المتولد فى الملفين (٣ ، ٤) . وحيث أن الملفين (١ ، ٢) ، (٣ ، ٤) ، متصلان على التوازى وموصلان بالدائرة الخارجية . فإن جهد المو لد الرئيسى يساوى الجهد المتولد فى الملفين (١ ، ٢) أو (٣ ، ٤) ، حيث أنهما متساويان .

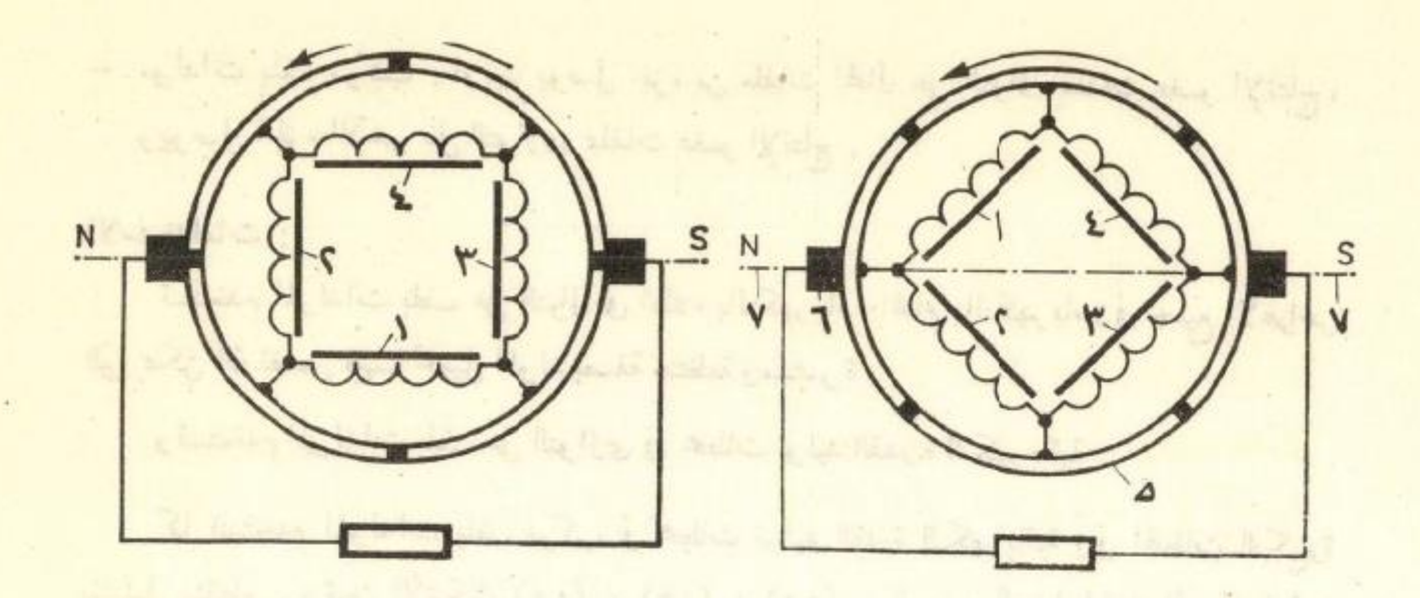
أما التيار الناتج فى هذه الحالة والمـار فى الدائرة الخارجية فإنه يساوى مجموع التيارين المتولدين فى الملفين (١ ، ٢) ، (٣ ، ٤) .

ومن هنا يتضح أن قيمة كل من الجهد والتيار فى أى مولد تعتمد على عدد الملفات المقفلة الموجودة بعضو الإنتاج . فيزيد الجهد بزيادة عدد الملفات المتصلة على التوالى، ويزيد التيار بزيادة عدد الملفات المتصلة على التوازى .

ويبين شكل (١٠) موضع عضو الإنتاج فى اللحظة التى تلامس فيهـا الفرش الكربونية النقطتين اللتين تفصلان شدفتين متجاورتين من شدفات المبدل. وعند هذه اللحظة تقوم الفرش، كما هو واضح من الشكل، بعمل قصر دائرة على الملفين (٢ ، ٣) ، وتصبح الجهود المتولدة بالحث فى الملفين (١ ، ٤) هى الجهود الفعالة فقط . وعند دوران عضو الإنتاج ٩٠° أخرى تصبح الجهود المتولدة فى الملفين (٢ ، ٣) هى الجهود الفعالة فقط . وتقوم الفرش فى هذه الحالة الأخيرة بعمل قصر دائرة على الملفين (١ ، ٤) .

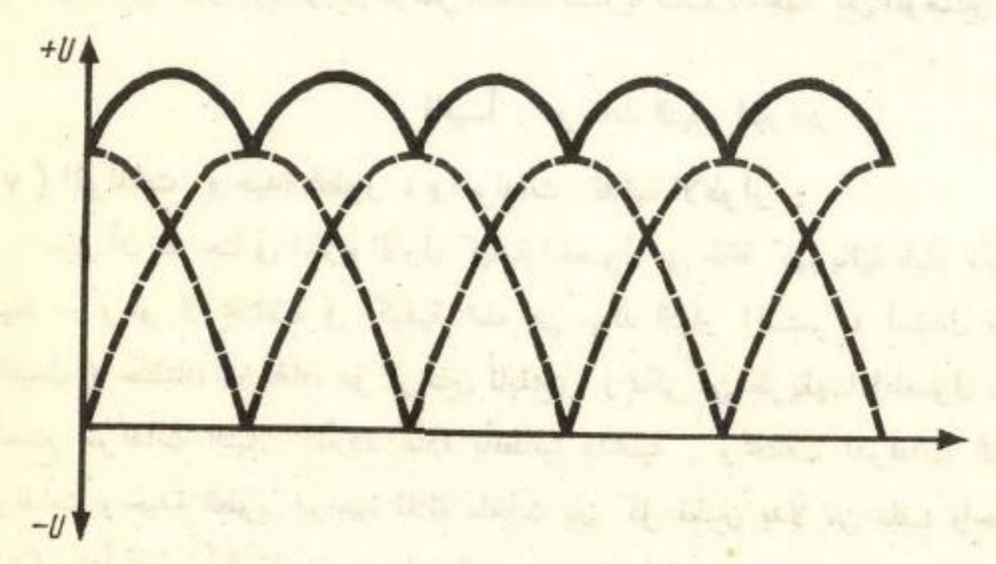
وبذلك نحصل من عضو إنتاج بأربعة ملفات على تيار مستمر له موجة كتلك المبينة فى شكل (١١) .

ومنه يتضح أنه كلما زاد عدد الملفات زادت قيمة الجهد والتيار المتولدين بالحث فى المولد . غير أنه لا يمكن زيادة قيمة الجهد المتولد بالحث فى المولد على حد معين (٦٠٠٠ فولت) لتأثر عزل المبدل والملفات بالجهود العالية ، بالإضافة إلى حدوث وميض عابر بين الشدفات ، أى وميض يعبر العازل بين الشدفات المتجاورة فى المبدل .



الشكل (٩) تمثيل تخطيطى لترتيب الملفات الأربعة على عضو الإنتاج الأسطوانى
(١ ، ٢) ، (٣ ، ٤) تمثل الملفات الأربعة
٥ – الخوص المعزولة (الشدفات)
٦ – الفرش ٧ – المحور المغنطيسى

الشكل (١٠) وضع عضو الإنتاج الاسطوانى بالنسبة للفرش فى حالة نقص الجهد .



الشكل (١١) عملية تنعيم التيار المستمر بعد التخلص من التموجات .

(٦) تصنيف المولدات تبعا لكيفية توصيل ملفات المجال بملفات عضو الإنتاج :

تقسم مولدات التيار المستمر ، تبعاً لكيفية توصيل ملفات مغنطيسات المجال بملفات عضو الإنتاج ، إلى الأنواع الأساسية التالية :

– مولدات بلف على التوالى : وفيها توصل ملفات المجال على التوالى بملفات عضو الإنتاج .
– مولدات بلف على التوازى : وفيها توصل ملفات المجال على التوازى بملفات عضو الإنتاج .

– مولدات بلف مركب : وفيها يوصل جزء من ملفات المجال على التوالى بملفات عضو الإنتاج ، ويوصل الجزء الآخر على التوازى بملفات عضو الإنتاج .

الاستخدامات :

تستخدم المولدات بلف على التوالى فى الطلاء بالكهرباء والحام بالكهرباء وفى جميع الأغراض التى يمكن أن تضمن فيها تحميل المولد بصفة منتظمة ومستمرة .

وتستخدم المولدات بلف على التوازى فى محطات توليد القدرة الكهربائية .

كما تستخدم المولدات بلف مركب فى محطات توليد القدرة الكهربائية وفى المحطات الكبيرة بتشغيل متقطع . وتبين الأشكال (١٢) ، (١٣) ، (١٤) ، الرسوم التخطيطية لدوائر المولدات بلف على التوازى ، والمولدات بلف على التوالى ، والمولدات بلف مركب ، على الترتيب .

وقد توصل مولدات التيار المستمر مع بعضها البعض على التوالى للحصول على نظام تيار مستمر ثلاثى الأسلاك كما هو مبين بالشكل (١٥) . ويفيد مثل هذا النظام فى إمكان الحصول على جهدين مختلفين بين خطوطه مثل ١١٠/٢٢٠ فلط أو ٢٢٠/٤٤٠ فلط . ويكون الجهد بين أى موصل من الموصلين الخارجيين وبين موصل التعادل مساوياً لنصف الجهد بين الموصلين الخارجيين .

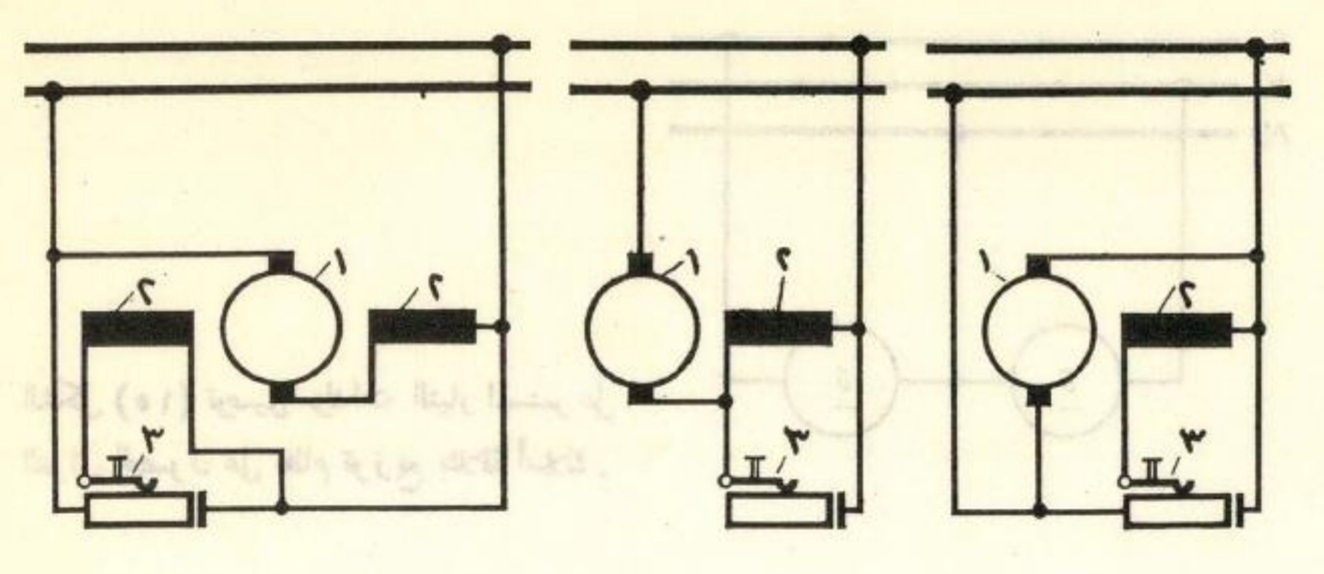
ثانياً : مولدات التيار المتردد

(٧) المولدات وحيدة الطور ، والمولدات ثلاثية الأطوار :

سبق أن شرحنا فى الجزء الأول كيفية الحصول على طاقة كهربائية بتيار متردد باستخدام مولد بسيط – وهو لا يختلف فى كيفية عمله عن مولد التيار المستمر ، استبدل فيه بعضو التوحيد (المبدل) حلقتان تنزلقان على فرشتين ثابتتين ، ويمكن عن طريقهما الحصول على التيار المتردد . وتصنع مولدات التيار المتردد عادة بأقطاب داخلية . وتختلف المولدات الثلاثية الأطوار عن المولدات وحيدة الطور بوجود ثلاثة ملفات بين كل قطبين بدلا من ملف واحد . ويبين الشكل (١٦) رسماً تخطيطياً للمقارنة بين هذين النوعين من المولدات .

وتستخدم مولدات التيار المتردد فى الجر الكهربائى بتردد قدره $\frac{2}{3}$١٦ ذبذبة/ثانية . كما تستخدم أيضاً فى توليد الطاقة الكهربائية بجهد يصل إلى ٦٠٠٠ فلط تقريباً . وقد تصنع مولدات لتوليد طاقة بجهد أكبر من ذلك على ألا يتعدى (١٥٠٠٠) فلط ، حيث أن ذلك يؤدى إلى الكثير من الصعوبات الخاصة بالعزل اللازم للملفات فى الجهود العالية .

ويمثل الشكل (١٧) رسماً تخطيطيا لوضع الملفات فى مجارى عضو الإنتاج . ومن الممكن ترتيب الملفات بعدة طرق أخرى من حيث خطوات اللف أو الشكل أو طرق التوصيل . .. إلخ .



الشكل (١٢) مولد بلف على التوازى :

١ – العضو الدوار (عضو الإنتاج)

٢ – العضو الساكن (ملفات المجال)

٣ – ريوستات المجال

طريقة ترتيب الدوائر :

توصل ملفات العضو الدوار على التوازى مع ملفات المجال

حالة الجهد المتولد تحت ظروف التشغيل المختلفة :

فى حالة التشغيل بدون حمل : يتولد الجهد بقيمته القصوى

فى حالة التشغيل بحمل : ينخفض الجهد انخفاضا طفيفا

الاستخدامات :

يستخدم فى محطات توليد القدرة الكهربائية

الشكل (١٣) مولد يلف على التوالى :

١ – العضو الدوار (عضو الإنتاج)

٢ – العضو الساكن (وفيه ملفات المجال) .

٣ – ريوستات المجال.

طريقة ترتيب الدوائر :

توصل ملفات عضو الإنتاج على التوالى بملفات المجال .

حالة الجهد المتولد تحت ظروف التشغيل المختلفة :

فى حالة التشغيل بدون حمل : لا يتولد أى جهد يذكر .

فى حالة التشغيل بالحمل : يزيد الجهد بسرعة كلما زاد الحمل .

الاستخدامات :

يستخدم كمولد مستقل يراعى تحميله بصفة مستمرة ومنتظمة .

يستخدم فى عمليات الطلاء بالكهرباء أو فى عمليات الإضاءة المنتظمة أو فى وحدات اللحام الكهربائى .

الشكل (١٤) مولد بملف مركب :

١ – العضو الدوار (عضو الإنتاج)

٢ – العضو الساكن (ملفات المجال)

٣ – ريوستات المجال .

طريقة ترتيب الدوائر :

يوصل جزء من ملفات المجال بملفات عضو الإنتاج – ويوصل الجزء الآخر على التوازى بها .

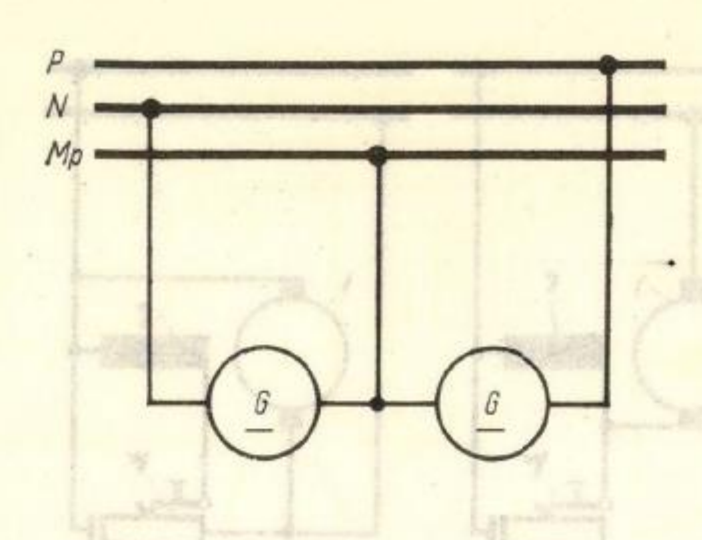
حالة الجهد المتولد تحت ظروف التشغيل المختلفة :

لا تعتمد قيمة الجهد المتولد عمليا على ظروف التشغيل المختلفة .

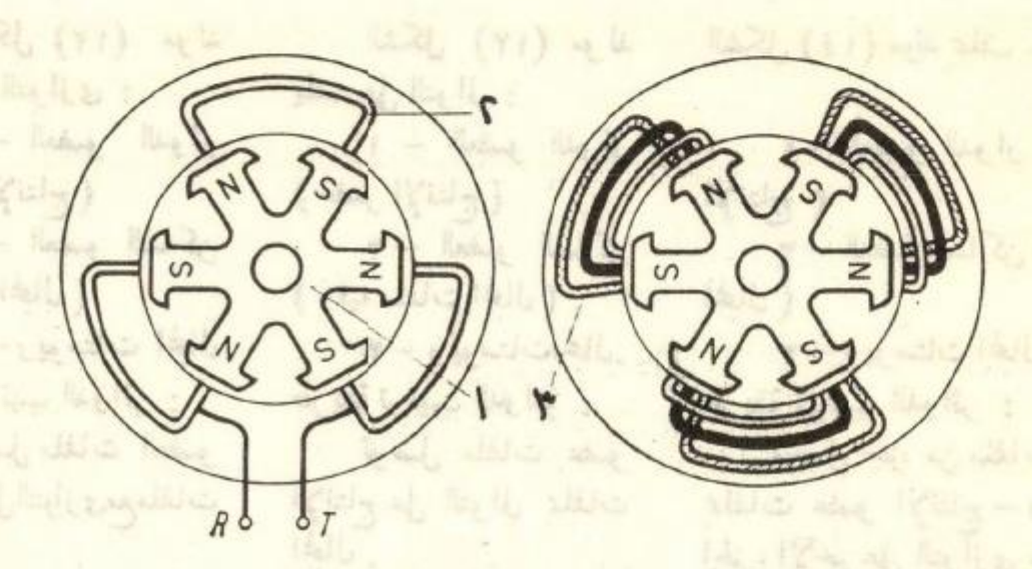
كما يمكن ضبط قيمة الجهد المتولد لتبقى ثابتة عمليا بواسطة ريوستات المجال .

الاستخدامات :

تستخدم فى محطات توليد القدرة – وفى المصانع التى يمكن التحميل بها متقطعا .



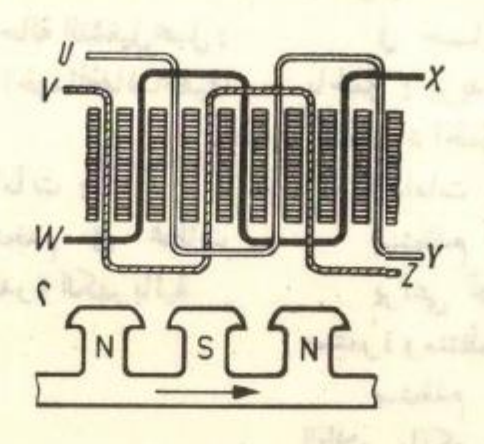
الشكل (١٥) توصيل مولدات التيار المستمر على التوالى للحصول على نظام توزيع بثلاثة أسلاك .

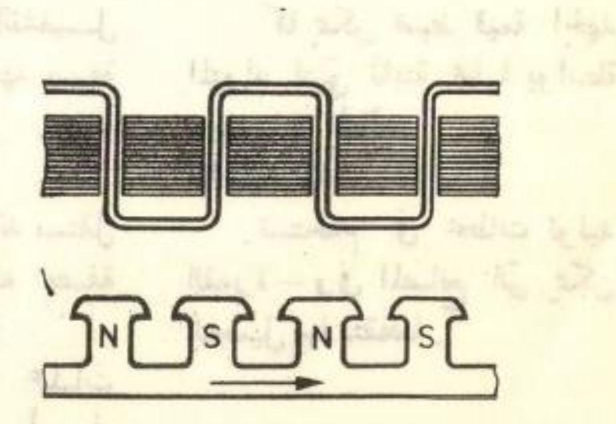


الشكل (١٦) ملفات المولد وحيد الطور والمولد الثلاثى الأطوار

١ – مغنطيسات المجال . ٢ – ملفات مولد وحيد الطور .

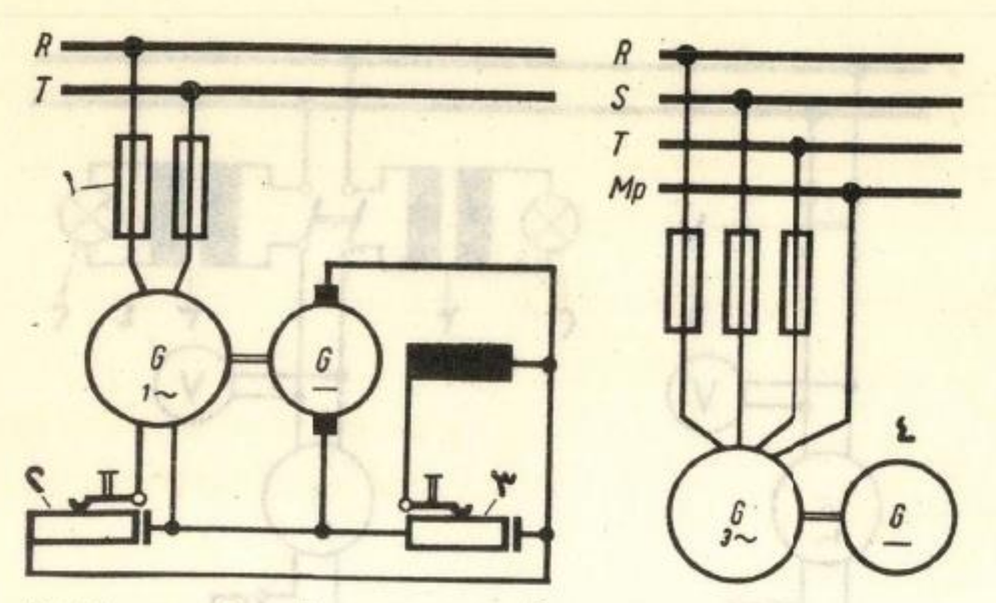
٣ – ملفات مولد ثلاثى الأطوار .





الشكل (١٧) ترتيب الملفات فى المولدات وحيدة الطور والمولدات ثلاثية الأطوار :

١ – ترتيب الملفات لمولدات وحيدة الطور ٢ – ترتيب الملفات لمولدات ثلاثية الأطوار



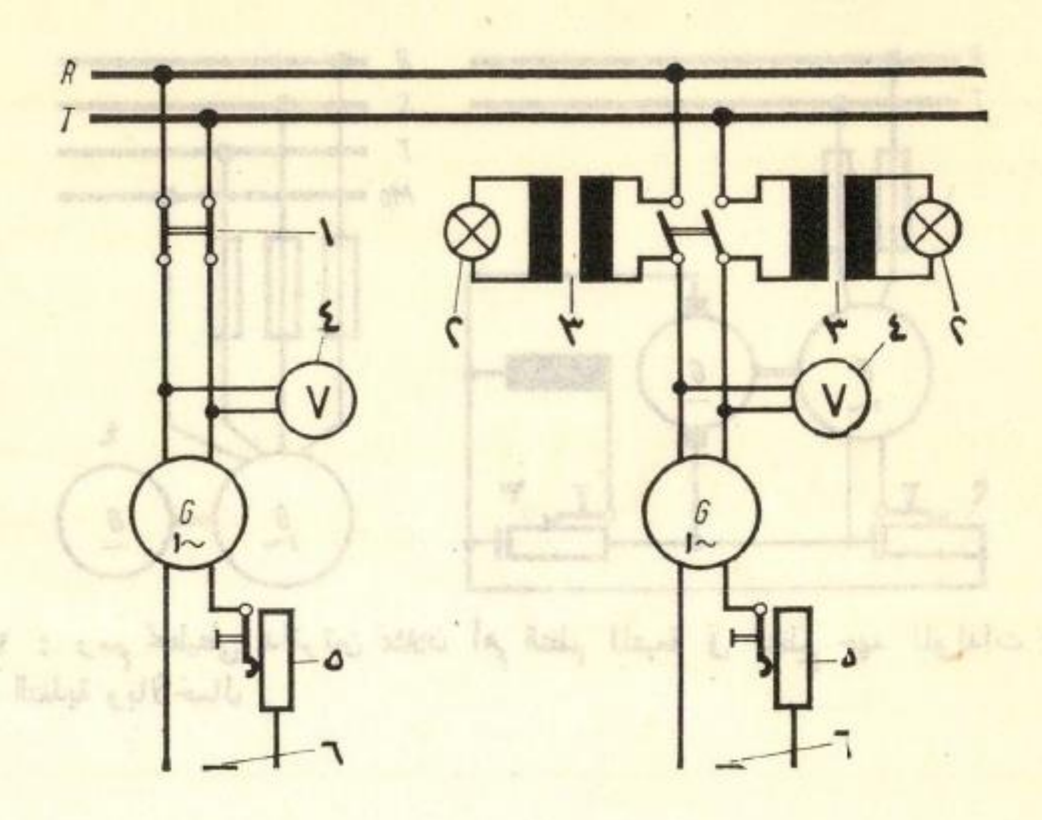
شكل ١٨ : رسم تخطيطى لدائرتين تمثلان أهم النظم المتبعة فى تنظيم جهد المولدات الموصلة بشبكات التغذية وبالأحمال .

ويمثل الشكل (١٨) رسماً تخطيطاً لدائرتين تمثلان أهم النظم الأساسية المتبعة فى تنظيم جهد المولدات الموصلة بشبكات التغذية وبالأحمال . ومنه يظهر كيفية تنظيم الجهد الناتج من المولد الرئيسى باستخدام المقاومتين (٢) ، (٣) . حيث توصل إحداهما (٣) بدائرة ملفات الإثارة المولد الرئيسى (مولد التيار المتردد)، بينما توصل المقاومة الأخرى (٣) بدائرة مولد التيار المستمر (المولد الصغير) ، الذى يغذى ملفات مغنطيسات المجال بتيار الإثارة اللازم . وبواسطة هاتين المقاومتين يمكن زيادة تيار شدة الإثارة للمولد الرئيسى إذا انخفض جهد المولد عن جهد المنبع ، أى يمكن بواسطتهما تنظيم جهد المولد ليبقى ثابتاً داخل حدود معينة .

(٨) توصيل مولدات التيار المتردد على التوازى :

تزود غالبية محطات توليد الكهرباء بعدد كبير من المولدات ، قد توصل جميعها بالشبكة أو يفصل جزء منها فى أوقات معينة ، بينما يوصل جزء آخر من هذه المولدات فى أوقات الذروة ، وذلك تبعاً للقدرة المطلوبة (الحمل المطلوب) . وتوصيل المولدات يعنى توصيل مولد أو أكثر على التوازى بمولد أو أكثر قائم بالعمل فعلا ، أى موصل بالشبكة ، ولا يتم ذلك إلا إذا توفرت الشروط الآتية للمولدين لحظة التوصيل :

١ – أن يكون لهما نفس الجهد المقنن .
٢ – أن يكون لهما نفس التردد المقنن .
٣ – أن يكون لهما نفس الطور لحظة توصيلهما معاً (يتحدان فى تتابع الأطوار) .



شكل ١٩ : رسم تخطيطى لدائرة يبين كيفية توصيل مولدين بطور وحيد على التوازى .

ويطلق المصطلح « التزامن » على عملية توصيل المولدات لتعمل على التوازى إذا استوفت الشروط السابقة .

(٩) كيفية القيام بعملية التزامن :

يبين الشكل (١٩) رسماً تخطيطياً لدائرة تبين كيفية القيام بعملية التوصيل على التوازى لمولدين بطور وحيد . وقد حذفت دوائر الإثارة من الشكل لتسهيل التمثيل التخطيطى للدائرة .

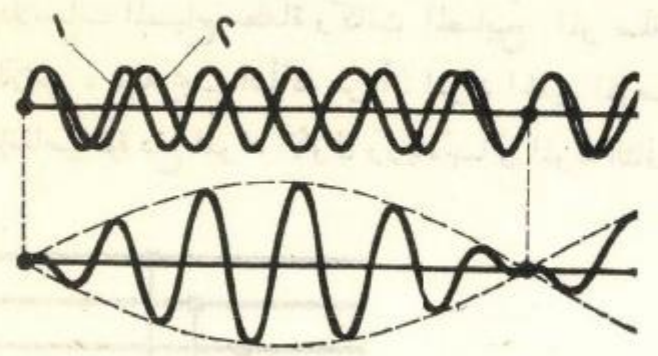
لنفرض أن المولد الموجود فى الجهة اليسرى قائم بالعمل فعلا وموصل بقضبان التوزيع ، وأن المولد بالجهة اليمنى هو المولد المطلوب توصيله على التوازى . تحدث عملية التزامن بإدارة المولد الموجود بالجهة اليمنى ، وضبط جهده بواسطة ريوستات المجال حتى يتساوى تماماً مع قيمة جهد المولد الموجود بالجهة اليسرى . ويتم التأكد من تطابق الأطوار وتساوى الجهد والتردد للمولدين بواسطة مصابيح يطلق عليها اسم مصابيح التزامن أو مصابيح الطور ، وهناك طريقتان لاختيار اللحظة المناسبة لتوصيل المولدين وإتمام عملية التزامن باستخدام :

(ا) مصابيح مطفأة .

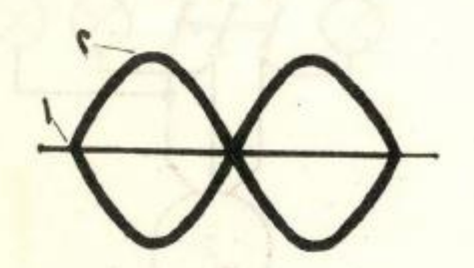
(ب) مصابيح مطفأة وأخرى مضاءة .

(أ) استخدام مصابيح مطفأة لعملية التزامن :

يوصل المصباحان على التوازى بملامسات مفتاح السكينة المزدوج الذى يقوم بتوصيل المولد الموجود بالجهة اليمنى مع المولد القائم بالعمل كما هو مبين بالشكل . وعندما يتساوى جهد وتردد كل من المولدين ويتحدان فى الطور فإن مصباحى التزامن يظلا مطفأين ، وفى هذه اللحظة يمكن توصيل المولدين معاً على التوازى .



شكل ٢٠ :
رسم تخطيطى لجهدين مختلفين لمولدين
١ – التردد ف$_{١}$
٢ – التردد ف$_{٢}$



شكل ٢١ : جمع جهدين مختلفين لمولدين
١ – الجهد صفر ٢ – الجهد له قيمة قصوى

ولشرح أساس عملية التزامن بهذه الطريقة يمكن أن نرجع إلى الشكلين (٢٠) ، (٢١) ، حيث يبين الشكل (٢٠) رسماً تخطيطياً لجهدين مختلفين لمولدين تردد أحدهما ف$_{١}$ وتردد الآخر ف$_{٢}$. وبجمع الجهدين فى أى لحظة من هذه الفترة الزمنية ، فإننا نحصل على جهد الرنين المبين فى شكل (٢١) . ومن الشكل يتضح أن جهد الرنين الناتج من عدم تساوى الجهدين يؤدى إلى إضاءة مصابيح التزامن فى الوضع (٢) عندما يكون جهد الرنين أكبر ما يمكن ، وأنها تنطفىء عندما يكون صفراً ، أى عند الوضع (١) . وعلى ذلك فإن اختلاف التردد يؤدى إلى توهج المصباحين عند الوضع (١) وانطفائهما عند الوضع (٢) بصفة دورية . كما أن اختلاف قيمة الجهد فى كل من المولدين أو عدم اتحادهما فى الطور يؤدى أيضاً إلى توهج المصباحين .

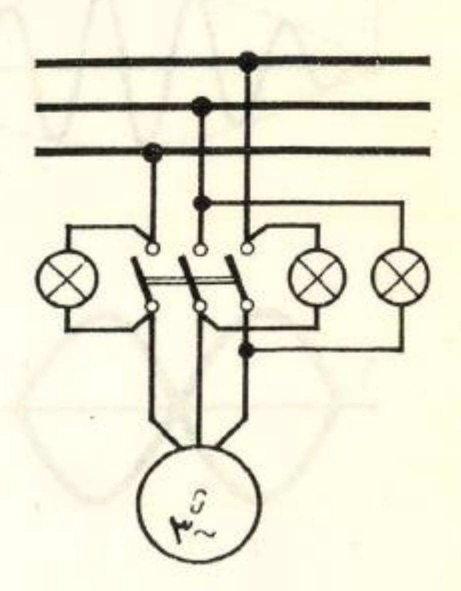
وللحصول على التزامن المطلوب بين المولدين يتم تغيير سرعة المولد الثانى حتى يتساوى جهد وتردد المولدين ويتحدا فى الطور ، وفى هذه اللحظة يستمر مصباحا التزامن مطفأين ، وعندئذ يمكن توصيل المولد الثانى على التوازى بالمولد الأول .

وبنفس الطريقة يمكن تشغيل مولد ثلاثى الأطوار على التوازى مع مولد ثلاثى الأطوار قائم بالعمل فعلا باستخدام ثلاثة مصابيح تزامن (مصباح لكل طور) .

(ب) باستخدام مصابيح مطفأة وأخرى مضاءة لعملية التزامن :

هناك طريقة أخرى للتأكد من تزامن المولدات ثلاثية الأطوار وتوصيلها على التوازى بالشبكة باستخدام مصابيح مضاءة وأخرى مطفأة كما هو مبين بالشكل (٢٢) .

وفى هذه الحالة يمكن التأكد من تزامن المولدين إذا كانت المصابيح الموصلة على التوازى بملامسات المصباح مطفأة وكانت المصابيح الموصلة على التقاطع مضاءة . وللاستفادة من عملية التزامن ، فإنه يجب التأكد من أن المولد الجديد الموصل على التوازى يتحمل جزءاً من الحمل ، وذلك بإنقاص قوة دفع المولد الأول وزيادتها فى المولد الثانى .



شكل (٢٢) كيفية توصيل المصابيح المضاءة والمصابيح المطفأة فى عملية التزامن

(١٠) محطات توليد القدرة الكهربائية :

تولد الطاقة الكهربائية فى محطات توليد القدرة الكهربائية بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية باستخدام المولدات السابق شرحها . وتصنف محطات توليد القدرة الكهربائية تبعاً لعدة أسس مختلفة .

وفيما يلى قائمة بأكثر التصنيفات شيوعاً :

١ – تصنيف المحطات تبعا لمصادر الطاقة الأولية التى تدفع المحركات الأولية :

من المعروف أن المولدات الموجودة بمحطات توليد القدرة الكهربائية تدار بواسطة محركات أولية تدفع بمصادر طاقة من أنواع مختلفة. وتقسم المحطات فى كثير من الأحيان تبعاً لنوع الطاقة التى تقوم بدفع المحرك الأولى إلى :

(أ) المحطات الحرارية :

وهى المحطات التى يدار فيها المحرك الأولى باستخدام الطاقة الناتجة من إحتراق الوقود (فحم ، غاز ، بنزين . . . إلخ) .

(ب) المحطات الهيدروليكية :

وهى المحطات التى يدار فيها المحرك الأولى بواسطة الطاقة الناتجة من اختلاف منسوبى المياه فى مكان ما من أى مجرى ، مائى من مجرى النهر مثلا .

(جـ) المحطات الهوائية :

وهى المحطات التى يدار فيهـا المحرك الأولى باستخدام تيار الهواء المناسب (لدفع طواحين الهواء) .

٢ – تصنيف محطات توليد القدرة الكهربائية تبعا لنوع الخدمة :

سبق أن بينا أنه يوجد بمحطات توليد القدرة الكهربائية مولدات تعمل بصفة مستمرة ، وأخرى تعمل فى أوقات الذروة فقط ، أى تعمل على التوازى لتشارك فى القيام بجزء من الحمل الزائد فى أوقات الذروة ، ونضيف هنا أن هناك محطات بأكملها تعمل فقط فى أوقات الذروة ، أو عند زيادة الحمل ، أو فى أوقات معينة من السنة . ولذلك تصنف محطات توليد القدرة بالنسبة لنوع الخدمة إلى :

(أ) محطات خدمة مستمرة :

وهى التى تعمل على حمل أساسى ثابت بصفة مستمرة .

(ب) محطات خدمة مؤقتة :

وهى المحطات التى تعمل وتوصل بصفة إضافية بالشبكة العامة أثناء فترات الذروة ، أو زيادة الحمل ، أو فى أوقات معينة من السنة .

الباب الثانى

توليد الطاقة الكهربائية بالطرق الكيميائية (البطاريات)

(١١) الخلايا الجلفانية (الأعمدة البسيطة) :

بينا فيما سبق كيف تولد الطاقة الكهربائية بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية فى محطات الطاقة الكهربائية . وهناك طريقة أخرى لتوليد الطاقة الكهربائية بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية . وبالرغم من أن كمية الطاقة الكهربائية التى يمكن الحصول عليها بهذه الطريقة الأخيرة أقل بكثير من كمية الطاقة الكهربائية التى يمكن الحصول عليها نتيجة لتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية ، إلا أن طرق التوليد الكهركيميائى تعتبر ذات أهمية كبيرة جداً . ويطلق على وسائل تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية اسم « الخلايا الجلفانية » .

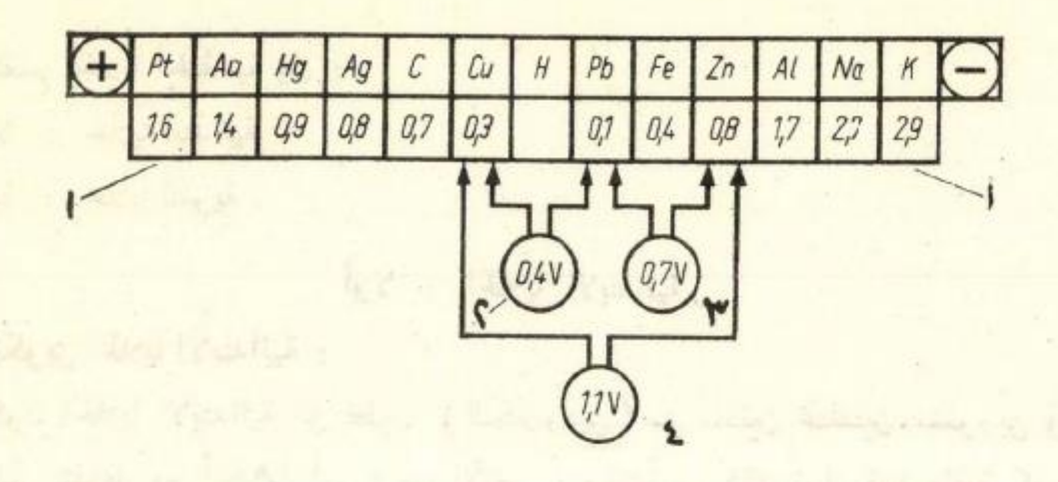
وتتكون الخلية الجلفانية من معدنين مختلفين (أحدهما من البلاتين والآخر من الألومنيوم مثلا) مغمورين فى سائل إلكتروليتى له موصلية كهربائية معينة . وعند توصيل فلطمتر بين نهايتى القضيبين الظاهرين فوق مستوى الالكتروليت فإنه يكشف عن وجود فرق فى الجهد بين القضيبين . أى أن هناك قوة دافعة كهربائية متولدة نتيجة للتفاعلات الكيميائية فى الخلية .

والسوائل الموصلة كهربائياً تسمى الالكتروليتات ، وأكثر هذه السوائل ذات طبيعة حمضية مثل حمض الكبريتيك المخفف بالماء . كما توجد أيضاً إلكتروليتات ذات طبيعة قلوية ، مثل هيدروكسيد البوتاسيوم وهيدروكسيد الصوديوم .

(١٢) المتواليات الكهركيميائية :

أجريت عدة اختبارات على الكثير من المعادن لمعرفة مقدار القوة الدافعة الكهربائية (واختصارها ق.د.ك) التى يمكن أن تتولد عند غمس معدنين أو أكثر من الالكتروليت . وقد رتبت المعادن فى جداول تبعاً لنتائج هذه الاختبارات ، أى طبقاً لكمية ق.د.ك بالفلط الناتجة بين كل عنصر أو معدن من هذه المعادن وبين الهيدروجين (العنصر غير الموصل الذى اتخذ كأساس مرجعى لعمليات المقارنة) .

وقد ميزت وحدات ق.د.ك بالفلط ، أى بنظام المتر – الكيلوجرام – الثانية ، لسهولة المقارنة . وهذا الترتيب الموضح بالجدول يعرف باسم « المتوالية الكهركيميائية » .



الشكل (٢٣) المتوالية الكهر كيميائية .

بلاتين (بلا)	رصاص (ر)
ذهب (ذ)	حديد (ح)
زئبق (ـــ)	زنك (خ)
فضة (ف)	ألومنيوم (لو)
كربون (ك)	صوديوم (ص)
هيدروجين (يد)	بوتاسيوم (بو)
١ – الجهد الأيونى للخلية	٣ – جهد الخلية رصاص – زنك = ٠,٧ فلط
٢ – جهد الخلية نحاس – رصاص = ٤,فلط	٤ – جهد الخلية نحاس – زنك = ١,١ فلط

ويبين شكل (٢٣) المتوالية الكهركيميائية . وفى مركز الجدول نجد العنصر غير الموصل وهو الهيدروجين ، (ورمزه الكيميائى « يد ») وهو أساس المقارنة ، حيث أنه يقع بين العناصر الموجبة الشحنة والسالبة الشحنة .

ونجد على يسار الهيدروجين ، المعادن والكربون (ك) التى لها شحنة موجبة ، وعلى يمين الهيدروجين نجد المعادن ذات الشحنة السالبة . ولاستخدام الجدول لمعرفة جهد الخلايا الجلفانية إذا ما عرفت العناصر المستخدمة فيها ، يجب مراعاة الآتى :

الخلايا الجلفانية المصنوعة من عناصر لها نفس نوع الشحنة (مثال ++ أو – –) يمكن معرفة جهدها الكلى بطرح جهد أحد المعدنين من جهد المعدن الآخر . فالجهد الكلى للخلية التى استخدم فيها العنصران الرصاص والزنك يساوى (١,٠ – ٠,٨ = ٠,٧ فلط) . أما الخلايا الجلفانية التى تتكون من عناصر لكل عنصر منها شحنته التى تختلف عن شحنة العنصر الآخر ، فإنه يمكن معرفة جهدها الكلى بجمع جهدى المعدنين المستخدمين فى الخلية . وعلى ذلك فإن الجهد الكلى لخلية استعمل فيها عنصرا النحاس والزنك هو (٠,٣ فلط + ٠,٨ فلط = ١,١ فلط) . .

وتنقسم الخلايا الجلفانية إلى :
أولا : خلايا ابتدائية .
ثانيا : خلايا ثانوية .

أولا : الخلايا الابتدائية

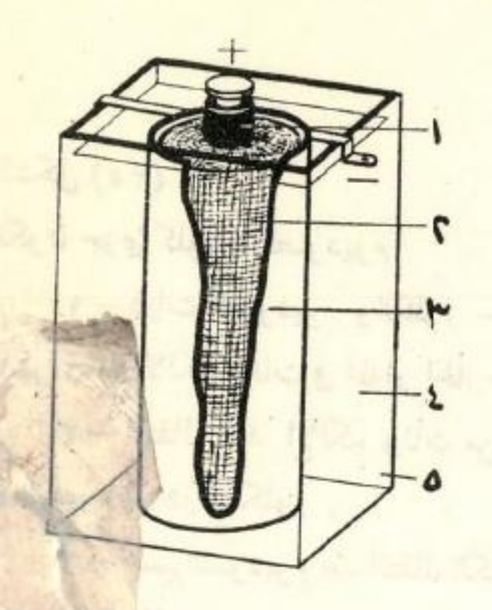
(١٣) تكوين الخلايا الابتدائية :

تتكون الخلايا الابتدائية من قطبين (الكترودين) من مادتين مختلفتين، مغمورين فى سائل الكتروليتى يتفاعل مع أحدهما أسرع من الآخر ، وينشأ عن ذلك تولد قوة دافعة كهربائية يمكن قياسها بواسطة فلطمتر يركب بين طرفى القطبين . وعند توصيل القطبين من الخارج ، يمر تيار كهربائى فى الدائرة فى اتجاه معين من أحد القطبين للآخر . وبمرور التيار تتحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية . ولا يحدث فى الخلايا الابتدائية أى تفاعل كيميائى عكسى، أى أن هذه الخلايا لا تعود إلى حالتها التى كانت عليها قبل التفاعل إذا ما عكس اتجاه التيار فيها كما هى الحال فى البطاريات الثانوية .

(١٤) الاستقطاب :

عند غمر قضيبين من معدنين مختلفين فى الكتروليت بنفس الكيفية التى شرحناها فيما سبق ، فإنه يظهر عبر نهايتى القضيبين جهد يمكن قياسه ، وبعد زمن قصير نسبيا ، يبدأ هذا الجهد فى الانخفاض تدريجيا حتى يصل إلى الصفر تقريبا . وعند رفع القضيبين من الكتروليت بعد ذلك نجد أنهما مغطيان بطبقة رقيقة من مادة ما . وتنتج هذه المادة من التفاعلات الكيميائية التى تحدث بين القضيبين والإلكتروليت . وبعد تنظيف القضيبين تنظيفا تاما ووضعهما مرة ثانية فى الالكتروليت فإنهما يعطيان نفس الجهد السابق ، إلا أن هذا الجهد يبدأ فى الانخفاض مرة ثانية حتى يصل إلى الصفر تقريبا ، وهكذا . وهذه العملية التى تؤدى إلى تغطية القضيبين بهذه المادة والتى تؤدى إلى استمرار انخفاض الجهد، تسمى « عملية الإستقطاب » . أما عملية تنظيف القضيبين، سواء تمت بطريقة ميكانيكية أو كيميائية فتسمى عملية إزالة الاستقطاب . ويوضح شكل (٢٤) رسما تخطيطيا لخلية «لاكلانشيه » وهى خلية زنك – كربون قطبها الموجب عبارة عن قضيب من الكربون يحيط به مسحوق من ثانى أكسيد المنجنيز داخل غلاف به ثقوب ، وقطبها السالب عبارة عن وعاء من الزنك . وتتميز هذه الخلية بأن جهدها ثابت لا يتناقص إلى الصفر بسرعة حيث أن وجود ثانى أكسيد المنجنيز حول قضيب الزنك يؤدى إلى تنظيف قضيب الزنك بطريقة كيميائية ، وإلى منع الاستقطاب الذى ينتج عنه الانخفاض الذى يحدث فى جهد الخلية .

ولشرح عملية الاستقطاب وكيفية منعه أو إزالته بطريقة كيميائية فإننا نشرح أولا « ظاهرة التأين ، أى ظاهرة تكوين الأيونات » ، وكذلك ظاهرة « التحليل الكهربائى » ، وهى الظاهرة المتعلقة بالتوصيل الكهربائى للتيار فى المحاليل .



الشكل (٢٤) تصميم خلية زنك – كربود

١ – قضيب من الكربون
٢ – حقيبة بها ثانى أكسيد المنجنيز
٣ – وعاء أسطوانى من الزنك
٤ – محلول إلكتروليتى من كلورور الأمونيوم
٥ – وعاء من الزجاج

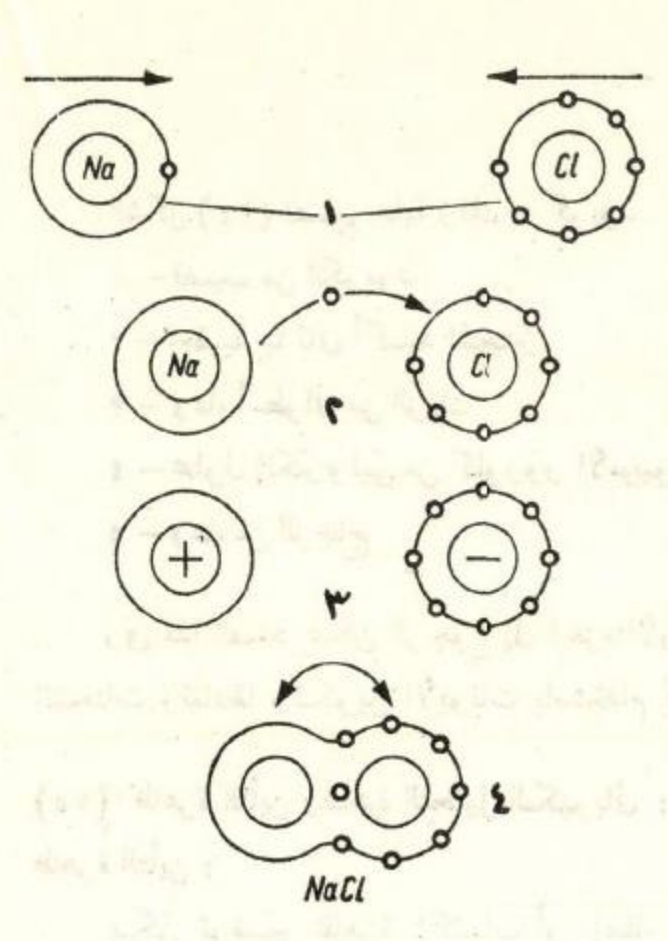
وفى هذا الصدد يمكن الرجوع إلى الجزء الأول لنعرف طبيعة الذرة المتعادلة وكيفية انفصال الشحنات وتعادلها وتكوين الأيونات باستخدام نموذج من ذرة الصوديوم .

(١٥) ظاهرة التأين وظاهرة التحليل الكهربائى :

ظاهرة التأين :

يمكن توضيح ظاهرة اكتساب أو إعطاء الكترونات ، والتى يطلق عليها ظاهرة التأين باستخدام محلول ملح الطعام . يتكون ملح طعام من الصوديوم (ص) والكلور (كل) ، وهذا المركب يسمى كلوريد الصوديوم . ويوضح شكل (٢٥ (١)) الإلكترونات الموجودة فى المدارات الخارجية لكل من ذرة الصوديوم وذرة الكلور . فى الحالة (١) تكون الذرتان متعادلتين كهربائيا ، فإذا كانت المسافة بين الذرتين صغيرة؛ فإن الإلكترون الوحيد الموجود فى المدار الخارجى لذرة الصوديوم ينتقل إلى المدار الخارجى لذرة الكلور ، كما فى شكل (٢٥ (٢)) . وهذه العملية تؤدى إلى تغيير الحالة الكهربائية لكلتا الذرتين ويصبح جسيم الصوديوم موجب الشحنة ، بينما يصبح جسيم الكلور سالب الشحنة ، انظر شكل (٢٥ (٣)) . وتتعرض الذرتان السابقتان – نتيجة لوجود شحنة كهربائية فى إحداهما مضادة لشحنة الأخرى – لقوى تجاذب كهربائى متبادل يؤدى إلى تجميعهما فى جزئ ملح الطعام (ص كل) . هذا الاتحاد الكيميائى مشابه لكثير من عمليات الاتحاد الكيميائى المماثلة ، وتسمى هذه الظاهرة « الرباط الكيميائى الكهربائى » ، فإذا أضيف ملح الطعام إلى الماء فإن هذا الملح يذوب فيه مكونا محلولا موصلا للكهرباء .

وبالرغم من أن الماء المقطر التى له مقاومة نوعية عالية (بين $١٠^٣$ ، $١٠^٥$ أوم / م) وهذا يعنى أن الماء التى ليس موصلا للتيار الكهربائى – إلا أن التوصيل الكهربائى للمحلول يرجع إلى تحلل جزئيات الملح إلى جسيمات « موجبة » من الصوديوم وجسيمات سالبة من الكلور . وتسمى هذه الظاهرة باسم « التأين » . ويوضح الشكل (٢٥ (٣)) هذه الظاهرة .



الشكل (٢٥)
تكون جزئ كلوريد الصوديوم

١ – ذرات الصوديوم والكلور – وفيها يظهر وضع الالكترونات فى المدار الخارجى .

٢ – انتقال أحد الإلكترونات من ذرة الصوديوم إلى ذرة الكلور .

٣ – جسيم الصوديوم بعد انتقال الكترون منه وتحوله إلى شحنة موجبة، وجسيم الكلور بعد انتقال إلكترون إليه وتحوله إلى شحنة سالبة.

٤ – جزئ كلوريد الصوديوم الناتج بفعل التجاذب الكهربى بين الشحنة السالبة والشحنة الموجبة .

وحيث أن الإلكترون الذى سبق أن انتقل من ذرة الصوديوم إلى ذرة الكلور ، لا يرجع إلى مكانه الأصلى ، فإن هذا يعنى أن جسيم الصوديوم يحمل شحنة كهربائية موجبة ، أى يصبح « أيون موجب » وأن جسيم الكلور يحمل شحنة كهربائية سالبة ويصبح « أيون سالب » وتحدث هذه الأيونات أو الشحنات الكهربائية بتأثير الذوبان ، ولا دخل للتيار الكهربائى فى حدوثها .
ويمكن التعبير عن ظاهرة التأين بالمعادلة التالية :

ص كل ⟵ ص$^{+}$ + كل$^{-}$

– **ظاهرة التحليل الكهربائى :**

يمكن تلخيص ظاهرة التحليل الكهربائى بأن بعض جزيئات المادة تنقسم فى المحلول إلى شطرين يحمل أحدهما شحنة موجبة ويحمل الثانى شحنة سالبة كما سبق أن بينا فى ظاهرة التأين .
إذا تعرض هذا المحلول لفرق جهد تندفع الشحنة الموجبة إلى الكاثود وتندفع الشحنة السالبة إلى الأنود ، حيث يفقد كل منهما شحنته ويتعادل آخذا الصفة المألوفة لمادته . وعندما يترسب على الإلكترود فإنه يتفاعل معه أحيانا أو يتفاعل مع ماء المحلول مكونا ذرات متعادلة ،وتسمى هذه الظاهرة الأخيرة باسم « التحليل الكهربائى » .

- منع الاستقطاب وإزالته :

بعد معرفة ظاهرة انفصال الشحنة الكهربائية وتكون الأيونات يمكن تقسيم كيفية حدوث الاستقطاب وطرق منعه وإزالته باستخدام خلية الزنك- كربون بالكتروليت من كلورور الأمونيوم كما يلى :

إذا غمس قضيبان أحدهما من الزنك والآخر من الكربون فى محلول من كلورور الأمونيوم، فإن تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية ، يبدأ بمجرد غلق الدائرة الخارجية (أى توصيل جزءى القضيبين الظاهرين) .

ويتحلل الالكتروليت فتتجه أيونات الهيدروجين السالبة إلى الأنود الكربونى ، بينما تتجه أيونات الأكسيجين الموجبة إلى الكاثود الزنك ، ويقوم الغازان بتغطية كل من الأنود والكاثود بطبقة رقيقة من الغاز . وكلما زادت تغطية الكاثود والأنود بالغاز ، يزداد عزلهما عن الالكتروليت المحيط بهما مما يؤدى إلى انخفاض جهد الخلية نتيجة لزيادة مقاومتها الداخلية . وهذه الظاهرة تسمى « الاستقطاب العادى » .

وبالإضافة إلى الاستقطاب العادى الذى يحدث فى خلية الكربون - الزنك توجد ظاهرة أخرى نتيجة لهذه العملية ، وهى تكون خلية ثانوية - هى خلية الهيدروجين - الأكسيجين وهذه الخلية لها أقطاب مضادة لخلية الكربون - زنك . وهذا يعنى أن التيار الأيونى لخليـة الهيدروجين - الأكسيجين له اتجاه يعاكس اتجاه تيار خلية الكربون - زنك . وهذه العملية التى تحدث لأقطاب الخلية الجلفانية بعد توصيل قطبيهـا من الخارج ، تسمى عملية « الاستقطاب الالكتروليتى » . ولمنع الاستقطاب يجب التخلص من الهيدروجين المتكون .

وللتخلص من الاستقطاب الحادث فى خلية « لكلانشيه » ، يستخدم مسحوق من ثانى أكسيد المنجنيز (م أ ٢) وبعض المواد الأخرى، توضع فى الوعاء المحيط بقضيب الكربون . ويكون لثانى أكسيد المنجنيز قدرة على إخراج كمية كافية من الأكسيجين الذى يتحد كيميائيا مع الهيدروجين قبل وصوله إلى الأنود . ويقوم الأكسيجين الذى يصل إلى الكاثود تدريجيا بتحليل قضيب الزنك ليدخل ضمن الالكتروليت . وبذلك نمنع عملية الاستقطاب .

وفى بعض الأحيان يستخدم الأكسيجين الموجود فى الجو ، بدلا من مسحوق ثانى أكسيد المنجنيز ، لمنع عملية الاستقطاب . وفى هذه الحالة يحاط قضيب الكربون بمسحوق من الفحم النباتى النشط ، القادر على جلب الأكسيجين الجوى ليتحد كيميائيا بالهيدروجين الناتج ، مكونا ماء وذلك قبل أن يصل إلى الأنود .

(١٦) الخلايا الابتدائية الشائعة الاستعمال :

أدى التقدم التكنولوجي السريع فى السنوات الأخيرة إلى إدخال الكثير من التحسينات على الخلايا الابتدائية . ويوجد حاليا سلسلة من الخلايا الابتدائية المستخدمة فى الأغراض الخاصة والأغراض العامة ، مثل :

(أ) خلايا الزنك – أول أكسيد المنجنيز بالكتروليت كلورور الأمونيوم :

بطل استخدام الأعمدة السائلة التى يطابق تصميمها إلى حد كبير خلية « لكلانشيه » الموضحة بالشكل (٢٤) ، وحل محلها البطاريات الجافة من هذا النوع والتى زاد الإقبال عليها بدرجة كبيرة . وقد استعيض فيها عن محلول كلورور الأمونيوم السائل بعجينة مكونة من كلورور الأمونيوم مع نشارة الخشب والصمغ أو الهلام . وتتميز العجينة عن السائل بتماسك قوامها بحيث يمكن استخدام البطارية فى أى وضع ونقلها بسهولة إلى أى مكان .

ويعيب مثل هذه الخلايا الابتدائية قصر وقت تخزينها ، حيث أن قضيب الزنك يتآكل ويتحلل حتى بدون غلق الدائرة الخارجة ، أى حتى بدون استعمال الخلية .

وقد أدخلت بعض التحسينات على تصميم الخلايا باستخدام الأكسيجين الجوى ، وفى هذا النوع من الخلايا لا تفتح الممرات الهوائية التى تسمح بمرور الهواء إلى الكربون النشط ، إلا عند استخدام الخلية فقط ، وذلك لإطالة عمر تخزينها .

(ب) خلايا الزنك – أول أكسيد المنجنيز بالكتروليت قلوى :

يعتبر كلورور الأمنيوم المستخدم فى الخلايا الابتدائية أحد العوامل المدمرة للزنك . ويمكن تحسين خواص تخزين هذه الخلايا ومنع تآكل الزنك باستخدام محلول هيدروكسيد البوتاسيوم بدلا من كلورور الأمونيوم . وقد أدى هذا أيضا إلى زيادة قدرة خرج هذه الخلايا خاصة فى درجات الحرارة المنخفضة (حوالى – ٤٠°م) . لذلك يمكن استخدامها فى المناطق الباردة (القطب الشمالى أو الجنوبى) . ويفضل استخدام البطاريات ذات الإلكتروليت القلوى بدلا من الخلايا الابتدائية العادية فى الأحوال التى تتطلب فيها تشغيل البطاريات على الأحمال القصوى ولفترات طويلة .

(ج) خلايا الزنك – أكسيد الزئبقوز :

يحد من استخدام خلايا الزنك – أول أكسيد المنجنيز ، انخفاض كفاءتها عند تشغيلها فى درجات الحرارة المرتفعة . وذلك نظرا لزيادة التفريغ الذاتى عند درجة الحرارة ٤٥°م ، مما يجعل استخدامها فى المناطق الحارة غير اقتصادى . ويفضل فى هذه الأحوال استخدام خلايا الزنك – أكسيد الزئبقوز ، وذلك نظرا لكفاءتها العالية وصغر حجمها وخفة وزنها وقدرتها على العمل فى درجات الحرارة العالية .

وتتميز هذه الخلايا بكفاءة تشغيل عالية عند درجات حرارة حتى ٥٥°م ، مع إمكان استخدامها لفترات صغيرة عند درجة حرارة ١٠°م . ويعيب هذه الخلايا :

ارتفاع ثمنها نتيجة لارتفاع أثمان الخامات المستخدمة فيها ولتصميمها المعقد . هذا بالإضافة إلى الصعوبات المتعلقة بإحكام تغليفها وإغلاقها ، حيث أن تسرب الغاز يؤدى غالبا إلى تفاعلات كيميائية تؤدى إلى تدمير الخلية .

(د) خلايا الوقود :

سبق أن بينا عند التحدث عن الاستقطاب ، أن هناك خلايا ثانوية تتكون من الهيدروجين – الأكسيجين داخل خلايا الزنك – كربون ، ويكون لخلية الهيدروجين – أكسيجين نفس مميزات وخواص أية خلية جلفانية . كما بينا أن هناك ظاهرة أخرى تلعب فيها الغازات دورا هاما فى الخلية الجلفانية ، وهو تأكسد الهيدروجين فى الخلية نتيجة لاستخدام الأكسيجين الجوى . وفى أواخر القرن الماضى فكر « أوزوالد » فى استخدام الغازات أو السوائل القابلة للاشتعال فى صناعة خلايا الوقود ، بدلا من استخدام الكربون أو المعادن التقليدية أو أكاسيدها فى صنع الخلايا العادية . وبعد حوالى ٧٠ سنة تقريبا من فكرة « أوزوالد » هذه ، اتخذت الإجراءات الأولية لإنتاج أول خلية وقود ، وقد أطلق عليها اسم « بطاريات الوقود شبه الصناعية » لتدل على مصدر الخامات التى تصنع منها هذه البطاريات .

ومن الناحية الاقتصادية لم تصل بطاريات الوقود المنتجة حاليا إلى المستوى الذى يمكن مقارنته مع البطاريات العادية ، حيث أن تكاليف توليد طاقة كهربائية معينة بواسطة البطاريات التقليدية أقل من تكاليف توليد نفس الطاقة بواسطة بطاريات الوقود ، وذلك لارتفاع أثمانها للأسباب التالية :

١ – إن خواص الخامات المستخدمة فى صنع الأنود والكاثود لبطاريات الوقود تختلف تماما عن خواص خامات الأنود والكاثود فى البطاريات التقليدية .

٢ – إن خلايا الوقود تحتاج إلى أغلفة صامدة لارتفاع درجات الحرارة وللانفجار .

٣ – إنه يلزم لبعض بطاريات الوقود التى تعمل تحت ضغوط جوية عالية ، مضخات ووسائل لقياس الضغط والتحكم فيه .

وفيما يلى وصف موجز لبطارية أكسجين – هيدروجين صنعها « باكون » ، وهى نوع من البطاريات التى تعمل فى درجات الحرارة المتوسطة .

تصنع أقطاب هذه البطارية من مسحوق النيكل على هيئة قشور ، والإلكتروليت المستخدم فيها محلول من هيدروكسيد البوتاسيوم (٣٨٪ بوتاسيوم) . ويستخدم فيها الهيدروجين كوقود

والأكسيجين كمؤكسد ، ويبدأ فيها الاحتراق عند ضغط يساوى ٢٧ ضغطا جويا،وعند درجة حرارة ٢٠٠°م .

وتعطى هذه البطارية جهدا قدره ٣٢ فلط،وقدرة خرج فى حدود ٥ كيلووات . وقد اجتازت هذه البطاريات إختبارات الأداء بكفاءة عاليةحيث استخدمت لمدة تزيد على عام . ويمكن اعتبارها بطارية مثالية للخدمة الطويلة ، بصرف النظر عن المشكلات الجانبية الأخرى،مثل ارتفاع تكاليف المعدات والمواد المستخدمة فى إنتاجها .

وخلاصة القول أن بطاريات الوقود مازالت فى بداية عهدها . وأن إنتاجها الذى يتم حاليا على مستوى محدود ، يبشر بأنها ستكون فى المستقبل مصدرا مهما من مصادر الطاقة ، وخاصة إذا أمكن إنتاجها بطريقة اقتصادية .

(١٧) تصنيف البطاريات الابتدائية التجارية :

فيما يلى مسح للبطاريات التجارية المستخدمة فى الأغراض العامة :

نوع الخلية	الجهد المقنن	استعمالها
الخلية القضيبية (الخلية ذات القضيب الواحد) الشكل ٢٦	١,٥ فلط	تستخدم فى عمليات الإنارة،وفى مصابيح الإنارة التى توضع فى الجيب،وفى أجهزة الراديو الترانزستور وبطاريات الشحن ومصابيح الوميض المستخدمة فى التصوير ومصدرا لتغذية لعب الأطفال بالكهرباء .
بطارية مصباح الإنارة الشكل ٢٧	٣,٠٠ فلط	تستخدم فى مصابيح الإنارة التى توضع فى الجيب .
البطارية المسطحة (المبططة) الشكل ٢٨	٤,٥ فلط	تستخدم فى مصابيح الإنارة التى توضع فى الجيب ، ومصدرا للتغذية فى لعب الأطفال .
البطارية الأنودية الشكل ٢٩	٢٢,٥ فلط	تستخدم كمصدر لتغذية أجهزة السمع .
البطارية الأنودية الشكل ٣٠	٨٥ فلط	تستخدم مصدرا لتغذية أجهزة الراديو (ويمكن الحصول عليها أيضا بجهد ٧٥ فلط ، ٦٧,٥ فلط)
البطاريات المستخدمة فى الصناعة . الشكل ٣١	١,٥ فلط	تستخدم فى مجالات مختلفة كمصدر لتغذية أجهزة الأمان .

وبجانب ذلك توجد بطاريات قضيبية لأجهزة الراديو الترانزستور الصغيرة ، وبطاريات على شكل صندوق لعمليات الفلاحة بالكهرباء ، وبطاريات على هيئة أزرار تستخدم فى الساعات اليدوية التى تعمل بالكهرباء .

وتبين الأشكال (من ٢٦ إلى ٣١) أنواعا مختلفة من البطاريات التجارية .

ملحوظة : يراعى ما يلى فى البطاريات الابتدائية التجارية المستخدمة فى الأغراض العامة :

١ – أن ترقم البطاريات الأولية المستخدمة فى الأغراض الصناعية والتجارية بالجهد المقنن .

٢ – الإقلال من استخدام البطاريات التى يزيد جهدها على ١,٥ فلط فى الأغراض العامة بسبب ارتفاع أثمان الخامات المستخدمة فيها .

٣ – التأكد من جهد وحجم وسعة البطارية عند استخدامها أو عند توصيلها ببطارية أخرى .

الشكل (٢٦) خلية وحيدة



الشكل (٢٧)
بطارية مصباح الجيب .



الشكل (٢٨) بطارية مبططة .



الشكل (٢٩) بطارية أنودية
٢٢,٥ فلط



الشكل (٣٠) بطارية أنودية
٨٥ فلط



الشكل (٣١) بطارية صناعية

(١٨) طرق توصيل البطاريات :

توصل البطاريات الأولية عادة للحصول على جهد أكبر من جهد خلية واحدة أو تيار أكبر من تيار خلية واحدة .

وفيما يلى وصف مبسط لطرق توصيل الخلايا الابتدائية أو الثانوية مع بعضها البعض :

(أ) توصيل البطاريات على التوالى :

قد يحتاج تشغيل جهاز كهربائى إلى جهد أكبر من جهد خلية واحدة من الخلايا المتوفرة فى السوق ، لذلك يلزم توصيل عدة خلايا من هذا النوع على التوالى كما هو موضح فى الشكل (٣٢).

الشكل (٣٢) كيفية توصيل الخلايا على التوالى

$$ج_{كل} = ن \; ج_{خ}$$

حيث $ج_{كل}$ = الجهد الكلى للبطارية (الجهد الكلى لجميع البطاريات الموصلة على التوالى)

$ج_{خ}$ هو الجهد الخارج من كل خلية

، ن عدد الخلايا الموصلة على التوالى

مثـال :

جهاز ترانزستور يعمل على جهد ١٠ فلط ، ومجهز ليعمل ببطاريات على هيئة أزرار جهد كل منها ١,٢ فلط ، ويقدر الفقد فى الجهد فى هذا الجهاز بحوالى ٥٪ فما عدد الخلايا المطلوبة من هذا النوع .

المعطيـات :

جهد الجهـــاز ج = ١٠ فلط .

جهد البطـــارية $ج_{ب}$ = ١,٢ فلط

فقـــد = ٥٪

الحـــل :

الفقد فى الجهد الكلى $= \frac{١٠ \text{ فلط} \times ٥}{١٠٠}$ = ٠,٥ فلط

الجهد الكلى $ج_{كل}$ = ١٠ فلط + ٠,٥ فلط = ١٠,٥ فلط

الجهد الكلى = جهد خلية واحدة × عدد الخلايا

الجهد الكلى = $ج_{ب} \times ن$ ∴ $ن = \frac{ج_{كل}}{ج_{ب}} = \frac{١٠,٥}{١,٢} = ٩$

المطلوب ٩ خلايا .

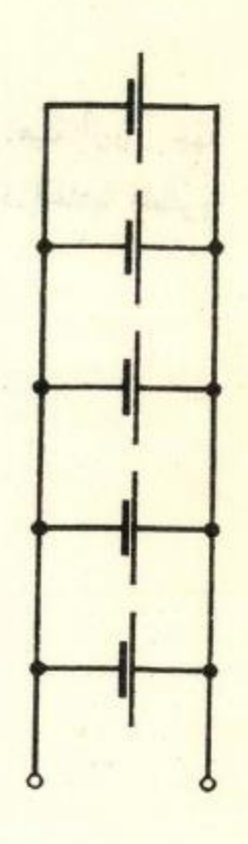
(ب) توصيل البطاريات على التوازى :

إذا احتاج تشغيل جهاز كهربائى إلى تيار أكبر من التيار المقنن لخلية واحدة من الخلايا المتاحة فى السوق ، فيمكن الحصول على التيار المطلوب بتوصيل عدة خلايا من هذا النوع على التوازى .

ويبين شكل (٣٣) خمس خلايا موصلة على التوازى . ويمكن اعتبارها خمس مقاومات متصلة على التوازى لتمثيل حساب علاقات التيـار فى دائرة البطاريات الموصلة على التوازى وتبسيطها . وقد بنيت جميع الحسابات على أساس تيار قصر الدائرة للخلية حتى يمكن تطبيق قانون « كرشوف » عليها فى هذه الحالة .

مثـال :

خلية جهدها ١,٥ فلط ومقاومتها الداخلية م = ٠,٥



الشكل (٣٣) كيفية توصيل الخلايا على التوازى

$$\therefore \text{ت} = \frac{\text{ج}}{\text{م}} \qquad \text{أى ت} = \frac{1.5}{0.5} = 3 \text{ أمبير}$$

فإذا كانت الخلية مقصرة الدائرة فسيمر بها تيار شدته ٣ أمبير .

ولنفرض أن جميع الخلايا موصلة على التوازى، كما هو مبين بالشكل (٣٣) وأن المقاومة الداخلية مقدارها ٠,٥ Ω ، فمن الممكن تمثيل الدائرة بخمس مقاومات متساوية متصلة على التوازى .

$$\therefore \text{المقاومة الكلية للدائرة} = \frac{\text{قيمة إحدى المقاومات بالأوم}}{\text{عدد المقاومات}} = \frac{0.5}{5} = 0.1 \ \Omega$$

أى أن المقاومة الكلية للدائرة المكونة من خمس خلايا موصلة على التوازى تساوى ٠,١ Ω .
وحيث أن الجهد الكلى $\text{ج}_{\text{كل}}$ فى حالة توصيل الخلايا على التوازى يكون مساويا لجهد خلية واحدة :

$$\therefore \text{ت} = \frac{\text{ج}}{\text{م}_{\text{كل}}} \qquad \text{ت} = \frac{1.5 \text{ فلط}}{0.1}$$

ت = ١٥ أمبير

أى أنه فى حالة توصيل الخلايا الأولية على التوازى تكون شدة التيار الكلى المار فى أطراف الدائرة مساوية لمجموع شدة التيارات المارة فى البطاريات الموصلة على التوازى .

ثانيا : الخلايا الثانوية (المراكم أو خلايا التخزين) :

يطلق هذا الاسم على الخلايا التى تحول فيها الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية ، وتبقى فيها الطاقة الكهربائية مختزنة على هيئة طاقة كيميائية إلى أن يسحب منها التيار عند الحاجة . وتتميز هذه الخلايا بإمكان حدوث تفاعلات عكسية فيها لتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية مرة أخرى . أى أن مرور التيار فى الاتجاه العكسى يؤدى إلى إعادة الخلية إلى حالتها الأصلية ، ويتم خزن الكهرباء فيها مرة ثانية . والخلايا الثانوية يطلق عليها أيضاً اسم «خلايا التخزين» أو «المراكم» ، لما تتميز به من خاصية تخزين الطاقة الكهربائية .

ويوجد مجموعتان من بطاريات التخزين :

(ا) بطاريات الرصاص الحمضية .

(ب) بطاريات النيكل القلوية .

وهذا التصنيف ينبنى على أساس الخامة التى يصنع منها الأنود فى هذه البطاريات ، أو على أساس الإلكتروليت المستخدم فى كل منهما .

(١٩) بطاريات الرصاص الحمضية :

يطلق على بطاريات الرصاص الحمضية اسم « مراكم الرصاص » أو « المراكم الحمضية » ، وتتكون من وعاء به فتحات لخروج النهايات ، وفتحات أخرى لتوصيل الخلايا ، التى تحتوى عليها البطارية ، بعضها ببعض على التوالى .

كما يوجد بالوعاء فتحات أخرى لملء خلايا البطارية . وتغلق هذه الفتحات الأخيرة بإحكام بواسطة سدادات لولبية . ويوجد بداخل الوعاء ، الأقطاب ، والإلكتروليت . ويصنع الوعاء عادة من مادة مقاومة للأحماض (مثل الزجاج أو المطاط الناشف أو السيراميك) ، أما الأقطاب فتصنع من ألواح من الرصاص الناشف . وهذه الألواح تكون على هيئة شبكة مثقبة تسمح بمرور الإلكتروليت خلالها ، ويغطى سطحها بعجينة من كبريتات الرصاص (ر كب أ$_٤$) . وهذه العجينة هى المادة الفعالة التى تطلى بها الألواح ، بحيث تزيد من مساحة السطح الفعال للوح بدرجة كبيرة . ويبين الشكل (٣٤) تمثيلا تخطيطيا لأحد هذه الألواح . وأما الإلكتروليت فهو عبارة عن حمض الكبريتيك المخفف .

وتتكون كل خلية من خلايا الرصاص النقالى المستخدمة فى العربات وفى إضاءة المصابيح من عدة ألواح من الرصاص لها نفس الخواص التى سبق شرحها ، وتوصل فيها الألواح معا على التوازى ، ويفصلها عن بعضها البعض ألواح عازلة من البلاستيك ، لتمنع التلامس بين الألواح الرصاص عند انبعاجها نتيجة لارتفاع درجة حرارة البطارية أثناء التشغيل . ويراعى عند وضع

ألواح الرصاص فى البطارية . ترك فراغ بسيط بين نهايتها السفلى وبين قاع الوعاء وذلك لضمان عدم حدوث تلامس بين نهايات الألواح مع بعضها البعض، أو بينها وبين قاع الوعاء عن طريق نفاتات المواد الموصلة التى قد تتناثر وتتراكم فى قاع الوعاء أثناء عملية تشغيل البطارية . وتصمم بطاريات الرصاص حاليا بحيث تحتوى كل بطارية على حجرات منفصلة يكون عددها عادة ثلاثة أو مضاعفات لهذا العدد . وتحتوى كل حجرة منها على خلية واحدة جهدها ٢ فلط . وتوصل هذه الخلايا عادة على التوالى . ومن الممكن حساب عدد الخلايا الموجودة فى البطارية عن طريق عدد الفتحات الخاصة بملء الخلايا .

(٢٠) حالة الشحن وحالة التفريغ لبطاريات الرصاص :

١ – حالة التفريغ :

إذا غمر لوحان مطليان بكبريتات الرصاص ، من نفس النوع الذى سبق وصفه ، فى سائل إلكتروليتى يتكون من الماء المقطر وحمض الكبريتيك ، ووصل الطرفان الظاهران لهذين اللوحين بدائرة خارجية ، فلن يمر بالدائرة أى تيار كهربائى ، لأن المواد التى تتركب منها أقطاب الخلية متشابهة . لذلك لا يحدث بين القطبين أي فرق فى الجهد . وتوصف البطارية فى هذا الوضع « بأنها فى حالة تفريغ » . وتورد البطاريات عادة وهى على هذه الحالة قبل شحنها . ويوضح شكل (٣٥) حالة التفريغ هذه .

حالة الشحن :

عند تسليط تيار مستمر على الخلية السابقة ، فإن اللوح أو القطب المتصل بالنهاية السالبة للتيار المستمر يتحول من كبريتات الرصاص (ركب ا$_{٤}$) إلى رصاص أسفنجى (ر) ، بينما يتحول اللوح أو القطب المتصل بالنهاية الموجبة التيار المستمر إلى فوق أكسيد الرصاص (ر ا$_{٢}$)

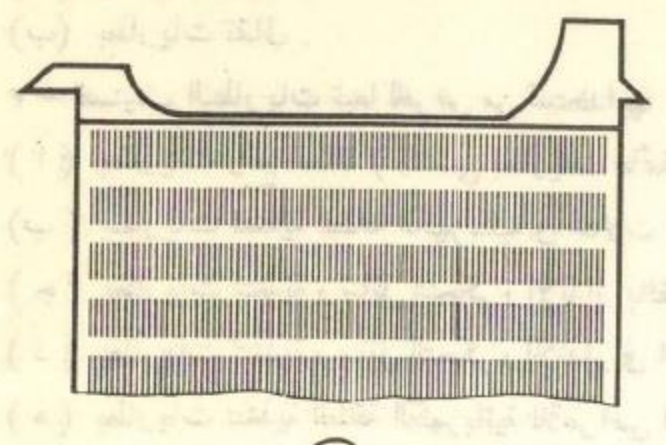
تفريغ

ر ا$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ + ر $\rightleftarrows$ ٢ ر كب ا$_{٤}$ + ٢ يد$_{٢}$ ا

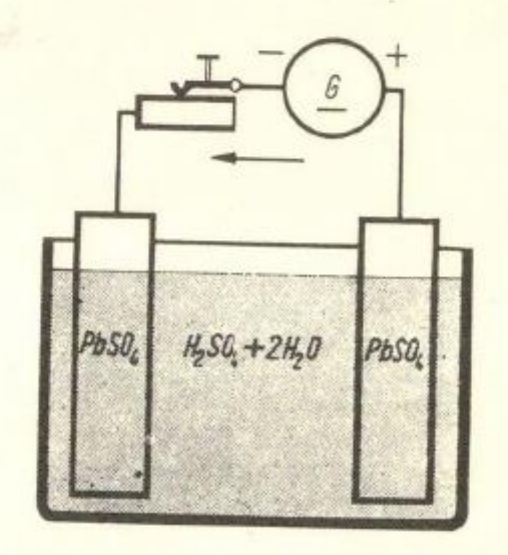
شحن

ويلاحظ أن عملية الشحن تؤدى إلى زيادة تركيز حمض الكبريتيك فى السائل الإلكتروليتى ، لأن الحمض المتبقى من كبريتات الرصاص يتحد مع الهيدروجين الموجود فى الماء ، مكونا حمض كبريتيك فيؤدى ذلك إلى زيادة كثافة السائل (انظر شكل ٣٦) .

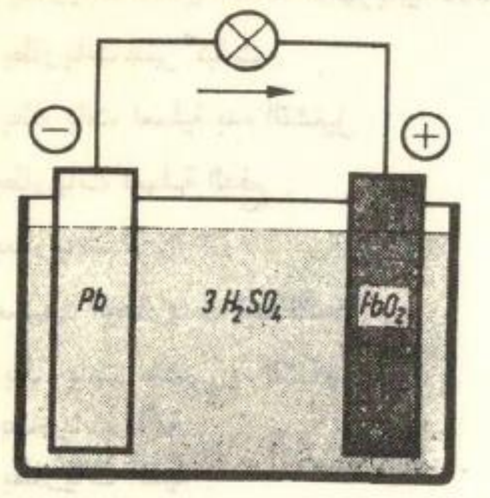
وبعد إتمام الشحن تصبح للبطارية مواصفات الخلية الجلفانية التى سبق شرحها ، أى يصبح لكل لوح من لوحى البطارية المغمورين فى السائل الإلكتروليتى تكوين ومواصفات تختلف من حيث التوصيل الكهربائى عن اللوح الآخر ، أى يصبح بينهما فرق فى الجهد الكهربائى .



الشكل (٣٤) لوح ذو سطح عريض
مستخدم فى صنع البطاريات الحمضية .



الشكل (٣٥) بطارية تخزين فى حالة تفريغ



الشكل (٣٦) بطارية تخزين فى حالة شحن

وعند غلق الدائرة الخارجية ومرور التيار فيها تبدأ عملية أخرى عكس العملية السابقة . حيث يتفاعل لوح الرصاص الإسفنجى المتصل بالقطب الموجب مع الحمض ، بحيث يصبح هذا اللوح كبريتات رصاص ، كما يتفاعل لوح فوق أكسيد الرصاص المتصل بالقطب السالب مع الحمض بحيث يصبح هذا اللوح أيضا كبريتات رصاص ، وعند ذلك تتشابه طبيعة اللوحين وتصبح البطارية فارغة ،أى« فى حالة تفريغ » . وتقل كثافة السائل الإلكتروليتى . وعندئذ يجب شحن البطارية .

(٢١) تصنيف بطاريات الرصاص التجارية :

قبل شرح بطاريات الرصاص المستخدمة فى الأغراض العامة والمتاحة فى الأسواق، يفضل تصنيفها لمعرفة أنواعها وطرق استخدامها . وتصنف بطاريات التخزين عادة إما تبعا لطرق تركيبها ووضعها فى المعدات ، أو تبعا للغرض من استخدامها ، أو تبعا لشكلها .

١ – تصنيف بطاريات التخزين تبعا لطرق تركيبها ووضعها فى المعدات :

(ا) بطاريات ثابتة .

(ب) بطاريات نقالى .

٢ – تصنيف البطاريات تبعا للغرض من استخدامها :

(ا) بطاريات رفع الطاقة (وتسمى بطاريات عائمة) .

(ب) بطاريات لتغذية الطاقة الكهربائية فى حالات الطوارئ .

(ج) بطاريات لتغذية وسائل التحكم والإنذار بالقدرة اللازمة .

(د) بطاريات لتغذية وسائل التحكم والإنذار فى الترددات العالية بالقدرة اللازمة

(ه) بطاريات لتغذية الطاقة الكهربائية للأغراض الطبية .

(و) بطاريات للمركبات .

(ز) بطاريات لعملية بدء التشغيل .

(ح) بطاريات لعملية الدفع .

(ط) بطاريات للإنارة .

٣ – تصنيف البطاريات تبعا للشكل :

(ا) بطاريات منشورية الشكل .

(ب) بطاريات قائمة .

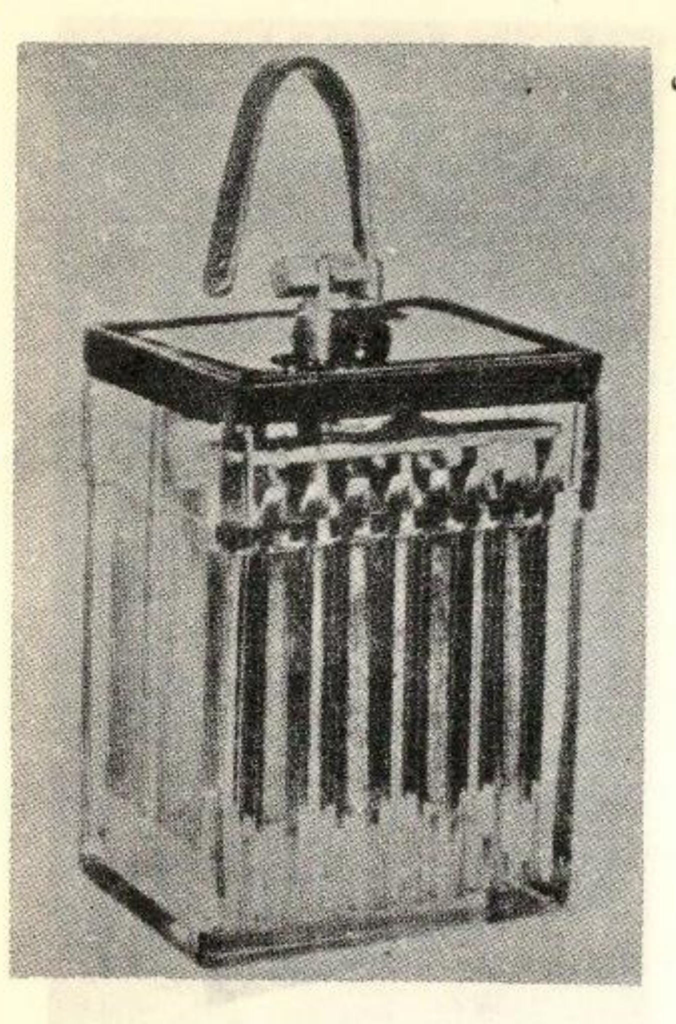
(ج) بطاريات أفقية .

(د) بطاريات على شكل زرار } توجد مثل هذا الخلايا فى المراكم

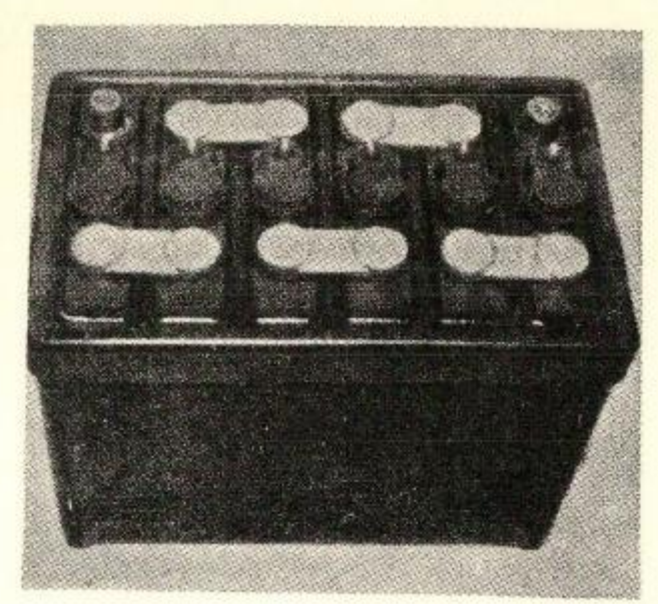
(ه) بطاريات دائرية الشكل } النيكل – كادميوم .

وهناك بعض بطاريات التخزين التجارية الخاصة ولكنها قليلة ، ومنها :

نوع الخلية التى تتكون منها البطارية	السعة
خلية وحيدة فى وعاء زجاجى (شكل ٣٧)	من ٣٦ إلى ٧٢٠ أمبير ساعة
خليتان فى وعاء زجاجى	من ٥٧٦ إلى ١٤٤٠ أمبير ساعة
خلية وحيدة فى وعاء لا يتأثر بالحمض	من ٧٢٠ إلى ٤٤٦٤ أمبير ساعة
بطاريات بدء الحركة (شكل ٣٨)	٨ أمبير ساعة بجهد ٦ فولت أو ٥٦ أمبير – ساعة إلى ١٨٠ أمبير – ساعة بجهد ٦ فلط أو ١٢ فلط .
بطاريات موضوعة فى صناديق حديدية تستخدم لدفع العربات الكهربائية	٨٠ أمبير – ساعة بجهد ٤٠ فلط إلى ٣٠٠ أمبير / ساعة بجهد ٢٠ فلط
بطاريات موضوعة فى صناديق خشبية تستخدم لدفع العربات الكهربائية	١٣٢ أمبير – ساعة بجهد ٨٠ فلط إلى ٣٥٠ أمبير – ساعة بجهد ٤ فلط



الشكل (٣٧) خلية وحيدة موضوعة فى إناء زجاجى



الشكل (٣٨) بطارية تخزين مستخدمة لإدارة المحرك الكهربائى للسيارة (المارش) المستخدم فى عملية بدء التشغيل .

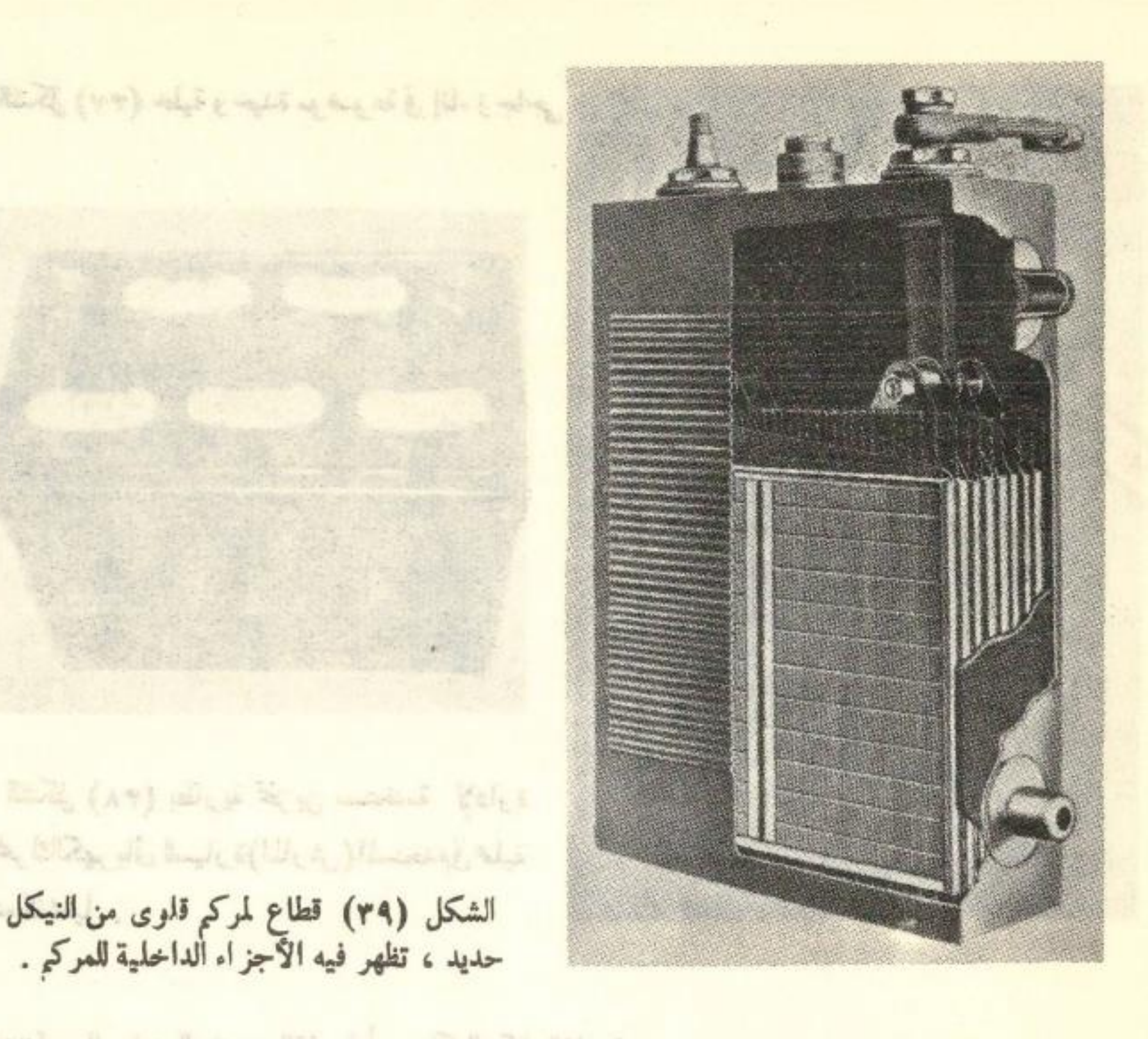
(٢٢) بطاريات التخزين القلوية أو مراكم النيكل القلوية :

يطلق على بطاريات التخزين القلوية فى كثير من الأحيان « المراكم القلوية » أو « مراكم النيكل » . ويتكون المركم من وعاء بغطاء محكم يحوى الأقطاب والإلكتروليت . ويصنع الوعاء والغطاء عادة من ألواح الحديد المطلية بالنيكل . وتمر التوصيلات الخاصة بالأقطاب إلى خارج الوعاء خلال جلب معزولة محكمة . ويتكون القطب الموجب أو الأنود فى المراكم القلوية من لوح من الحديد المنكل ، مثقب على هيئة شبكة ، ومغطى بطبقة من عجينة هيدروكسيد النيكل (ن (يد ا)$_٢$) وهى المادة الفعالة للقطب الموجب . أما القطب السالب فهو عبارة عن لوح مثقب من الحديد المنكل ، ومغطى بطبقة من عجينة هيدروكسيد الحديد (ح (يد ا)$_٢$) وهى المادة الفعالة للقطب السالب . أما الإلكتروليت فهو هيدروكسيد البوتاسيوم .

(٢٣) حالة الشحن وحالة التفريغ للبطاريات القلوية :

١ — حالة الشحن :

تشحن البطاريات القلوية ليتحول القطب الموجب من هيدروكسيد النيكل إلى فوق أكسيد النيكل ، ويتحول القطب السالب من هيدروكسيد الحديد إلى حديد .



الشكل (٣٩) قطاع لمركم قلوى من النيكل – حديد ، تظهر فيه الأجزاء الداخلية للمركم .

ويمكن التعبير عن عملية الشحن بالمعادلة الآتية :

القطب السالب + الإلكتروليت + القطب الموجب .

ح + بويد ا + يد٢ ا + ٢ نى (يد ا)٣

حديد + هيدروكسيد البوتاسيوم + ماء + فوق أكسيد النيكل .

٢ – حالة التفريغ :

أما فى حالة التفريغ ، أى عند توصيل البطارية بدائرة خارجية ، فيتفاعل الحديد مع الإلكتروليت مكونا هيدروكسيد الحديد ، ويتحول فوق أكسيد النيكل إلى هيدروكسيد النيكل ، ويلزم فى هذه الحالة إعادة الشحن ثانية .

ومن الممكن التعبير عن عمليّى الشحن والتفريغ بالمعادلتين الآتيتين :

القطب السالب + الإلكتروليت + ماء + القطب الموجب .

حديد + هيدروكسيد البوتاسيوم + ماء + فوق أكسيد النيكل ← حالة الشحن

هيدروكسيد الحديد + هيدروكسيد البوتاسيوم + ماء + هيدروكسيد النيكل ← حالة التفريغ

ويبين شكل (٣٩) منظرا لقطاع فى مركم قلوى من النيكل – حديد .

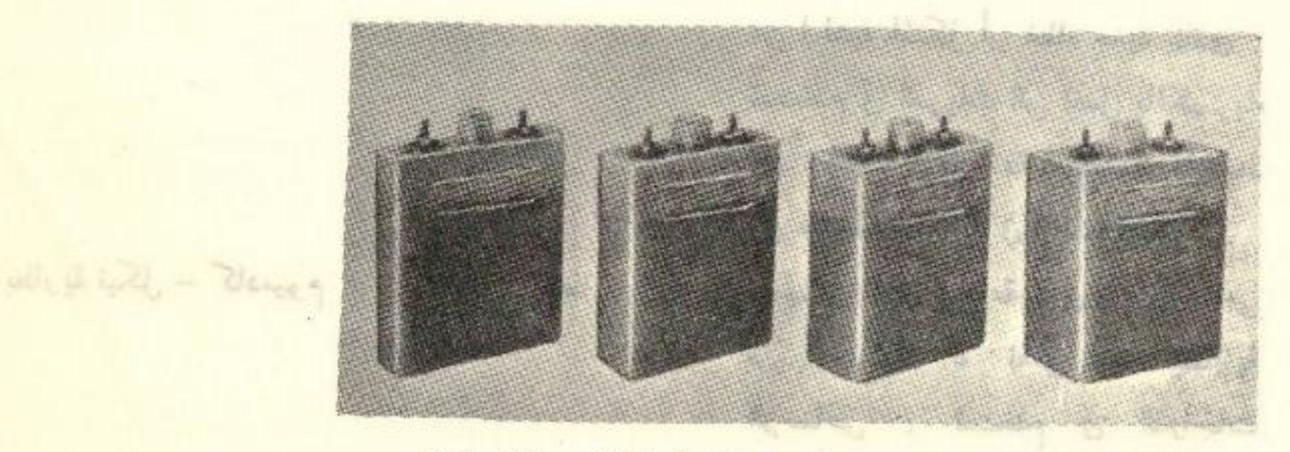
ويجب أن نلاحظ أن السائل الإلكتروليتي فى المراكم القلوية لا تتغير كثافته أثناء عمليات الشحن و التفريغ . وقد أدخل الكثير من التحسينات على مراكم النيكل – حديد بإضافة الكوبلت إلى المادة الفعالة للقطب الموجب للمركم (هيدروكسيد النيكل) ، مما أدى إلى زيادة كفاءة المادة الفعالة بمقدار ٣٠٪ على الأقل . كما أدخلت على البطاريات القلوية عموما تحسينات كثيرة باستخدام الكادميوم كقطب سالب فى هذا النوع من المراكم (بدلا من هيدروكسيد الحديد) مما أدى إلى زيادة كفاءة أداء هذا النوع من المراكم ، وتقليل كمية الغاز المتولد فى البطاريات . وأصبحت مراكم النيكل – كادميوم تفضل على مراكم النيكل – حديد التقليدية ، وخاصة بعد أن أمكن صنع مراكم قلوية من نيكل – كادميوم تتميز بأنها محكمة لا يتسرب منها الغاز أو السائل . فجمعت هذه الأنواع الجديدة من البطاريات القلوية بين مميزات البطاريات الجافة وبين مميزات بطاريات التخزين السائلة ، التى يمكن إعادة شحنها .

وتتميز البطاريات القلوية بقدرة تحملها ، وطول عمر تشغيلها ، وعدم احتياجها إلى عمليات خدمة وصيانة مستمرة ، حيث أنها لا تحتاج إلا إلى إعادة الشحن فقط . كما أنه يمكن ترك البطارية القلوية جافة ، أو بدون شحن لمدة طويلة . وتعتبر البطارية نيكل – كادميوم المحكمة ضد تسرب الغاز أو تسرب السائل مصدرا هاما من مصادر الطاقة التى يفضل استخدامها فى المناجم والأماكن التى قد تحتوى على متفجرات .

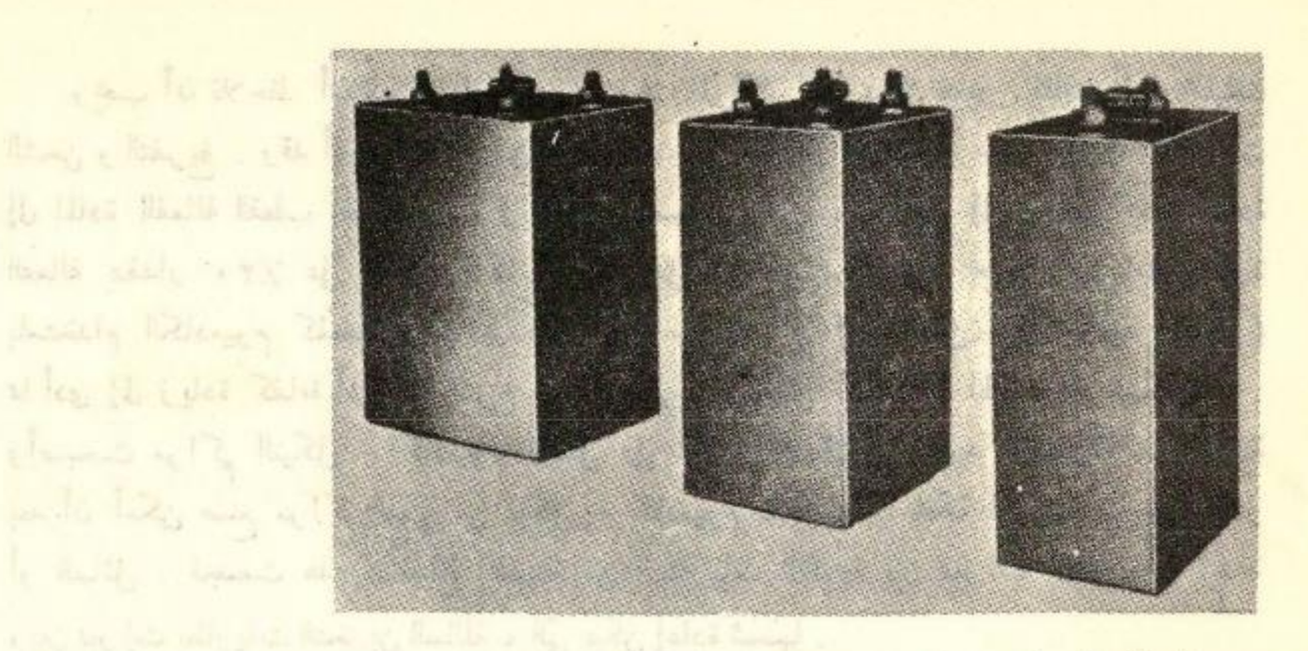
(٢٤) تصنيف بطاريات التخزين القلوية التجارية :

١ – مراكم النيكل – كادميوم التقليدية :

نوع البطارية	الجهد المقنن	السعة ، والاستخدام
خلية وحيدة فى وعاء من البلاستيك .	١,٢ فلط	بسعة ٤ ، ٨ ، ١٢ ، ١٦ أمبير – ساعة ، توضع فى وعاء من بلاستيك البوليسترين المنيع ضد الصدمات . تستخدم فى هندسة الإشارات وفى القياسات الكهربائية .



الشكل (٤٠) خلايا وحيدة موضوعة داخل إناء من البلاستيك



الشكل (٤١) خلايا وحيدة موضوعة داخل إناء من الحديد .



الشكل (٤٢) بطارية نيكل – كادميوم

نوع البطارية	الجهد المقنن	السعة – والاستخدام
خلية وحيدة فى وعاء من الحديد	١,٢ فلط	سعتها ٣٠ إلى ٧٥ أمبير – ساعة ، فى وعاء من الحديد المنكل أو غطاء حديد عادى . تستخدم فى العربات التى تعمل بالكهرباء وفى عمليات الإنارة ذات الضغط المتوسط وفى هندسة الإشارات (وفى المركبات) .
بطارية نيكل – كادميوم	٦ فلط	سعتها ٨ أمبير – ساعة ، فى وعاء زجاجى من البلاستيك له نفس أبعاد بطارية الرصاص . تستخدم فى الدراجات الكهربائية وللإنارة والإشعال .



الشكل (٤٣) خلية على هيئة زرار



الشكل (٤٤) خلية اسطوانية .



الشكل (٤٥) خلية نيكل كادميوم على هيئة زرار

٢ – مراكم النيكل – كادميوم المحكمة ضد تسرب الغاز :

نوع البطارية	الجهد المقنن	السعة ، والاستخدام
بطارية على هيئة زرار (خلية وحيدة)	١,٢ فلط	سعتها ٥ ، ٥٠ ، ٢٢٥ ، ٤٥٠ و ٥٠٠ أمبير – ساعة . ونظرا لصغر حجمها فهى ملائمة للاستخدام فى أجهزة السمع وفى أجهزة القياس وفى أجهزة الترانزستور .
بطاريات دائرية (خلية وحيدة)	١,٢ فلط	سعتها ٣ أمبير – ساعة ، وأبعادها مساوية لأبعاد البطاريات الجافة وحيدة القطب . تستخدم فى نفس الأغراض التى تستخدم فيها البطاريات وحيدة القطب .
بطارية على هيئة زرار نيكل كادميوم		هذه البطاريات عبارة عن مجمع من البطاريات السابقة وتوضع داخل وعاء من البلاستيك وجهد هذه البطاريات إما ٢,٤ أو ٤,٨ أو ٦ أو ٧,٢ فلط
بطاريات منشورية	١,٢ فلط	سعتها ١ ، ٢ ، ٦ ، ٧,٥ أمبير ساعة ، مجمعة فى بطاريات . تستخدم فى هندسة الإشارة وفى الإضاءة وفى هندسة السينما وفى القياسات الكهربائية.

(٢٥) مقارنة بين مراكم الرصاص الحمضية والمراكم القلوية :

مراكم الرصاص	مراكم النيكل- كادميوم التقليدية	مراكم النيكل - كادميوم المحكمة ضد تسرب الغاز
المزايا : لها قدرة عطاء (خرج) كبيرة ، وتتميز بقلة تكاليف تصنيعها وقلة مقاومتها الداخلية ، مما يساعد على سحب تيار كبير منها لمدة قصيرة (كما فى حالة بدء تشغيل العربات) .	المزايا : خفيفة الوزن ، تتحمل الإجهادات الميكانيكية الكبيرة ، وعمر تشغيلها طويل ، ويمكن أن تتعرض للأحمال الزائدة والشحن الزائد ، من الممكن أن تترك فى حالة تفريغ أو وهى جافة دون أن تتأثر .	المزايا : لها نفس مزايا الخلايا القلوية التقليدية ، إلا أنها تمتاز عنها بأنها يمكن وضعها فى أى مكان وبأية كيفية ، كما أنها لا تحتاج لأى عناية خاصة فى تشغيلها أو صيانتها .
العيوب : لا تتحمل الإجهادات الميكانيكية الكبيرة ، وعمر تشغيلها قصير ، كما أنه لا يمكن تحميلها بحمل زائد أو شحنها شحنا زائدا أو تركها فى حالة جفاف ، ويجب أن تبقى مشحونة بصفة مستمرة .	العيوب : تكاليف تصنيعها كبيرة وجهد كل خلية من خلاياها صغير ، وقدرة خرجها (عطائها) صغيرة ، ومقاومتها الداخلية كبيرة .	العيوب : بها نفس العيوب الموجودة فى البطاريات القلوية التقليدية.

ملحوظة :

تسوق جميع المراكم فى الغالب على حالتها الأصلية قبل أن تشحن (ماعدا مراكم النيكل كادميوم المحكمة ضد تسرب الغاز) ، لذلك يجب شحن جميع البطاريات قبل استخدامها .

(٢٦) طرق شحن المراكم وتحديد سعتها وكفاءتها :

١ - شحن بطاريات الرصاص الحمضية :

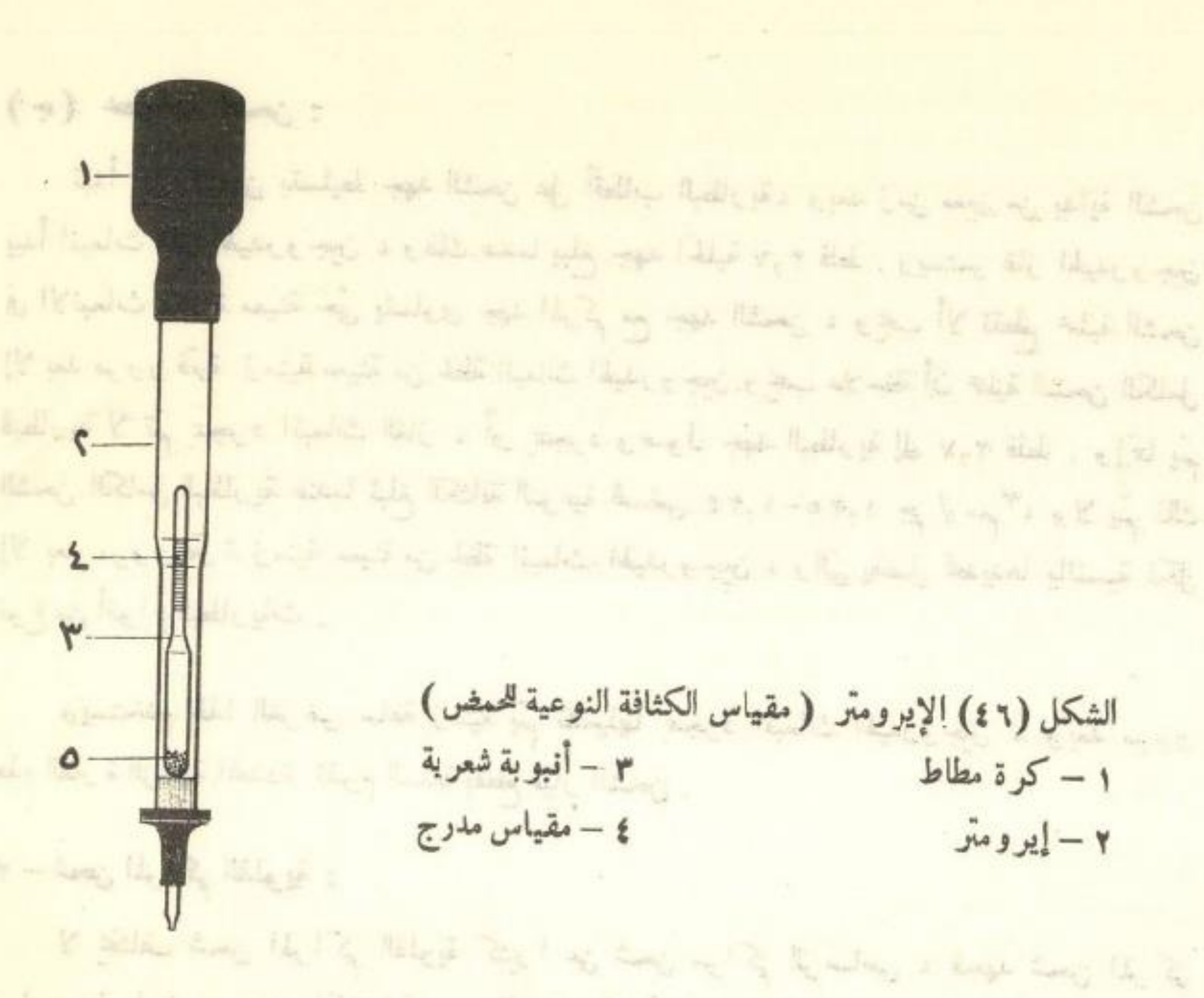
تملأ مراكم الرصاص الجديدة بالسائل الإلكتروليتى ، وهو عبارة عن حمض الكبريتيك المخفف الذى لا تقل كثافته عن ١,١٧ : ١,١٨ جم / سم^{٣} (وهى كثافة السائل الإلكتروليتى فى حالة التفريغ) على أن يكون مستوى السائل أعلى من السطح العلوى للألواح بعدة مليمترات .

ولإتمام عملية الشحن بطريقة سليمة يجب مراعاة الآتى :

(أ) مقدار الكثافة النوعية للحمض.

(ب) جهد وتيار الشحن .

(ج) خطوات الشحن .



الشكل (٤٦) الإيرومتر (مقياس الكثافة النوعية للحمض)

١ – كرة مطاط
٢ – إيرومتر
٣ – أنبوبة شعرية
٤ – مقياس مدرج

(أ) مقدار الكثافة النوعية للحمض :

يمكن قياس الكثافة النوعية للحمض بواسطة جهاز يسمى « الإيرومتر » أو « مقياس الكثافة ». ويوضح شكل (٤٦) طريقة عمل هذا الجهاز . حيث يتم سحب كمية من الإلكتروليت الموجود بالخلية إلى الحيز الأنبوبى الزجاجى الرفيع المدرج الموجود بالجهاز ، بواسطة كرة مفرغة من المطاط مثبتة فى طرف الأنبوبة ، ويوجد داخل الأنبوبة جسم عائم عليه مقياس مدرج يمكن بواسطته، وبالاستعانة بالتدريج الموجود على الأنبوبة ، معرفة قيمة كثافة الحمض ، بقراءة العمق الذى يصل إليه هذا الجسم العائم الموجود فى الفراغ الأنبوبى المدرج . ولا تعتبر الخلية تامة الشحن إلا إذا وصلت الكثافة النوعية للحمض إلى ١,٢٤ – ١,٢٥ جم /سم^3 .

(ب) جهد وتيار الشحن :

يتم تحديد جهد الشحن للمركم بمعرفة جهد كل خلية وعدد خلايا المركم . وجهد الشحن يساوى حاصل ضرب جهد كل خلية فى عدد خلايا المركم الموصلة على التوالى . فإذا كان جهد الخلية ٢,٧ فلط فإن جهد الشحن = عدد الخلايا × ٢,٧ . أما تيار الشحن فيقوم الصانع بتحديده فى مواصفاته وبياناته التى يجب مراعاتها بكل دقة عند الشحن أو التفريغ لضمان إطالة عمر المركم .

ملحوظة هامـــة :

لا يصح أن ينخفض جهد مراكم الرصاص فى حالة التفريغ عن ١,٨٣ فلط

(ج) خطوات الشحن :

تبدأ عملية الشحن بتسليط جهد الشحن على أقطاب البطارية، وبعد زمن معين من بداية الشحن يبدأ انبعاث غاز الهيدروجين ، وذلك عندما يبلغ جهد الخلية ٢,٧ فلط . ويستمر غاز الهيدروجين فى الانبعاث لفترة معينة حتى يتساوى جهد المركم مع جهد الشحن ، ويجب ألا تقطع عملية الشحن إلا بعد مرور فترة زمنية معينة من لحظة انبعاث الهيدروجين. ويجب ملاحظة أن عملية الشحن الكامل للبطارية لا تتم بمجرد انبعاث الغاز ، أو بمجرد وصول جهد البطارية إلى ٢,٧ فلط . وإنما يتم الشحن الكامل للبطارية عندما تبلغ الكثافة النوعية للحمض ١,٢٤–١,٢٥ جم / سم٣، ولا يتم ذلك إلا بعد مرور فترة زمنية معينة من لحظة انبعاث الهيدروجين ، والتى يفضل تحديدها بالنسبة لكل نوع من أنواع البطاريات .

ويستخدم لهذا الغرض ساعة زمنية يتم تشغيلها بمجرد انبعاث الهيدروجين ، وبعد مرور هذه الفترة الزمنية المحددة تقوم الساعة بقطع تيار الشحن .

٢ – شحن المراكم القلوية :

لا يختلف شحن المراكم القلوية كثيرا عن شحن مراكم الرصاص ، فجهد شحن المركم يساوى حاصل ضرب عدد الخلايا فى جهد الخلية . كما أن شدة تيار الشحن يحددها الصانع فى بيانات ومواصفات المركم ، إلا أن البطاريات القلوية تختلف عن بطاريات الرصاص فى أن كثافة الإلكتروليت (هيدروكسيد البوتاسيوم) المستخدم فيها تظل ثابتة قبل الشحن وبعده . لذلك يفضل الاعتماد على قيمة جهد الخلايا عند بداية الشحن وعند الانتهاء منه . ويجب شحن البطارية القلوية عند ما يصل جهد الخلية إلى فلط واحد . ويستمر شحن البطارية حتى يصل جهد كل خلية فيها إلى ١,٧٥ فلط فى حالة خلية النيكل – كادميوم ، ١,٨٥ فى حالة البطاريات النيكل – حديد .

وجدير بالذكر أن المراكم القلوية يمكن أن تبقى مخزونة فى حالة عدم شحن ، أو وهى جافة لأى فترة من الزمن ، على عكس الحال فى مراكم الرصاص التى يجب شحنها بمجرد تفريغها .

– سعة المركم :

تعرف سعة المركم بأنها كمية الكهرباء التى يستطيع تخزينها . وهى تساوى حاصل ضرب تيار التفريغ فى زمن مروره ، ويكون تمييزها بالأمبير – ساعة . وبمعنى آخر تكون سعة المركم عبارة عن حاصل ضرب معدل التيار الذى يمكن أن نأخذه منه فى الزمن الذى يستغرقه مرور هذا التيار .

ومن العوامل التى تحدد سعة المركم : الخدمة وعمر التشغيل .

- **كفاءة المركم :**

هناك نوعان من أنواع الكفاءة بالنسبة للبطاريات ، أحدهما يرجع إلى سعة البطارية بالأمبير – ساعة ، والآخر يرجع إلى سعة البطارية بالواط – ساعة .

كفاءة البطارية بالأمبير – ساعة :

تعرف كفاءة البطارية بالأمبير – ساعة بأنها خارج قسمة قدرة خرج المركم بالأمبير – ساعة على قدرة دخل المركم .

$$\text{كفاءة المركم } (\eta) \text{ أمبير / ساعة} = \frac{\text{قدرة خرج المركم (أمبير – ساعة)}}{\text{قدرة دخل المركم (أمبير – ساعة)}}$$

ويكون متوسط قيمة هذه الكفاءة أو الجودة بالنسبة لمراكم النيكل – كادميوم ٧٥, ، وبالنسبة لمراكم النيكل – حديد ٧, . وبالنسبة لمراكم الرصاص ٩٧,٠

كفاءة البطارية بالواط – ساعة :

تعتبر كفاءة البطارية بالواط – ساعة مهمة جدا من الناحية العملية ، وهى تساوى خارج قسمة خرج المركم بالواط – ساعة (فى حالة التفريغ) على قدرة دخل المركم بالواط – ساعة (فى حالة الشحن) .

$$\text{(كفاءة المركم) } (\eta) \text{ واط – ساعة} = \frac{\text{قدرة خرج المركم بالواط – ساعة (فى حالة التفريغ)}}{\text{قدرة دخل المركم بالواط – ساعة (فى حالة الشحن)}}$$

وكفاءة المركم بالواط – ساعة أقل دائما من كفاءته بالأمبير – ساعة ، لأن جهد الشحن يكون عادة أعلى من جهد التفريغ . فإذا كان متوسط جهد الشحن مثلا ١,٦ فلط ، ومتوسط جهد التفريغ ١,١ فلط ، فإن هذا العامل يؤدى إلى انخفاض كفاءة المركم (بالواط – ساعة) بنسبة ٠,٧ عن كفاءة المركم بالأمبير – ساعة . فإذا كانت كفاء المركم بالأمبير – ساعة مثلا هى ٩٥, فإن كفاءته بالواط – ساعة تكون :

= ٩٥, × ٧, = ٦٧٥, واط – ساعة

(٢٧) معدات شحن المراكم :

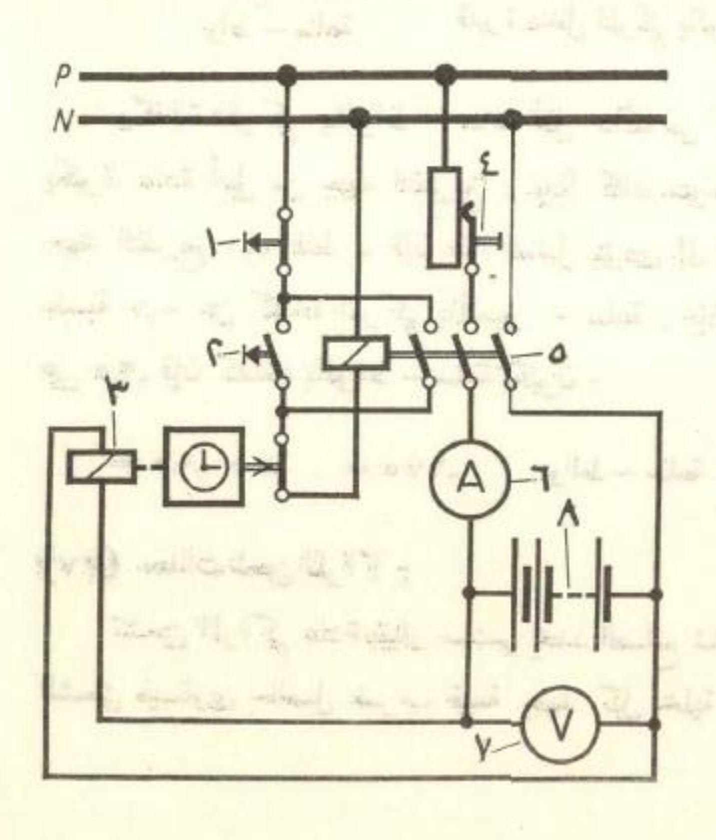
تشحن المراكم عادة بتيار مستمر يحدد الصانع شدته فى مواصفات وبيانات المركم ، أما جهد الشحن فيساوى حاصل ضرب قيمة جهد كل خلية من الخلايا الموجودة بالمركم فى عددها ،

ومن الممكن استخدام معدات شحن بتيار مستمر مباشر أو تيار متردد بعد تقويمه وتحويله إلى تيار مستمر . وفى جميع الأحوال يجب تزويد معدات الشحن بمفتاح يقوم بفصل تيار الشحن عن المركم أتوماتيكيا بعد إتمام عملية الشحن .

١ – معدات شحن بتيار مستمر مباشر :

يبين شكل (٤٧) رسما لدائرة توصيل إحدى معدات الشحن بتيار مستمر مباشر ، وفيه يظهر المفتاح القاطع ، الذى يتكون عادة من مرحل وساعة زمنية (بتعويق زمنى) تقوم بتشغيل المفتاح . ويتم الشحن بالطريقة الآتية :

يسلط جهد الشحن على المراكم عن طريق مقاومة متغيرة لضبط الجهد المطلوب للشحن ، وتوصل هذه المقاومة على التوالى بالبطارية عن طريق المفتاح القاطع . يقوم هذا المفتاح بتوصيل الدائرة بمجرد الضغط عليه . وتستمر عملية الشحن حتى يصل جهد كل خلية من خلايا المركم إلى (٢,٤ – ٢,٧ فلط) (فى مراكم الرصاص مثلا) ، وعندئذ يتصاعد غاز الهيدروجين . وحيث أن عملية الشحن لا تتم إلا بعد مرور فترة زمنية معينة من وصول جهد الخلايا إلى الجهد المقنن (٢,٤ فلط – ٢,٧ فلط) لتصل كثافة الإلكتروليت إلى ١,٢٤ – ١,٢٥ جم/سم^{٣} لذلك يقوم المرحل بتشغيل الساعة الزمنية عندما يتساوى جهد الخلية مع جهد الشحن . وبعد مرور هذه الفترة الزمنية المعينة تقوم الساعة بتشغيل المفتاح لفصل دائرة الشحن ، وبذلك يمكن التأكد من إتمام الشحن بالطريقة المثلى .



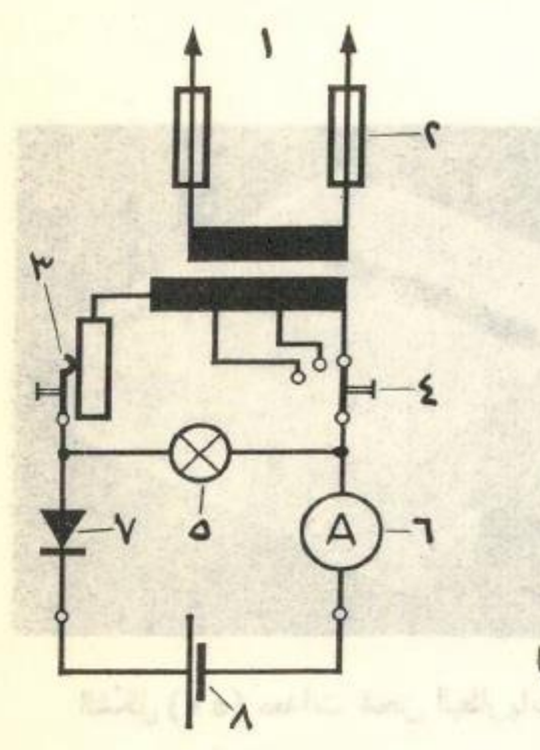
الشكل (٤٧) دائرة شحن البطاريات باستخدام مصدر للتيار المستمر

١ – مفتاح سكينة للفصل
٢ – مفتاح سكينة للوصل
٣ – مفتاح زمنى بمرحل
٤ – مقاومة صغيرة
٥ – مفتاح تلامس
٦ – أميتر
٧ – فلطمتر
٨ – المركم المراد شحنه

٢ – معدات شحن بتيار مستمر ناتج من تقويم تيار متردد :

يبين شكل (٤٨) إحدى دوائر معدات الشحن التى تعمل بالتيار المتردد ، ويتم فيها تقويم التيار المتردد وتحويله إلى تيار مستمر بواسطة مقومات شبه موصلة (من النوع الجاف) ، أو مقومات بالتفريغ الغازى (الحرارى الأيونى) . ويكون هذا التقويم إما نصف موجى أو بموجة كاملة. وتستخدم فى الحالة الأخيرة مرشحات مناسبة لتنعيم التيار المستمر الناتج من عملية التقويم .

وهناك طريقتان لتغيير قيمة جهد الشحن المطلوب بالتيار المتردد الأولى باستخدام محول به نقط توصيل بينية ، يمكن عن طريقها الحصول على جهود شحن مختلفة . أما الطريقة الثانية فهى مشابهة تماما لتلك المستخدمة فى معدات الشحن بالتيار المستمر ، أى تستخدم مقاومة متغيرة موصلة على التوالى بالمراكم المراد شحنها . وبالرغم من سهولة الطريقة الأخيرة إلا أن الفقد فى المقاومات يعتبر كبيرا جدا إذا قيس بالفقد الناتج فى الطريقة الأولى التى تستخدم فيها محولات بنقط توصيل بينية .



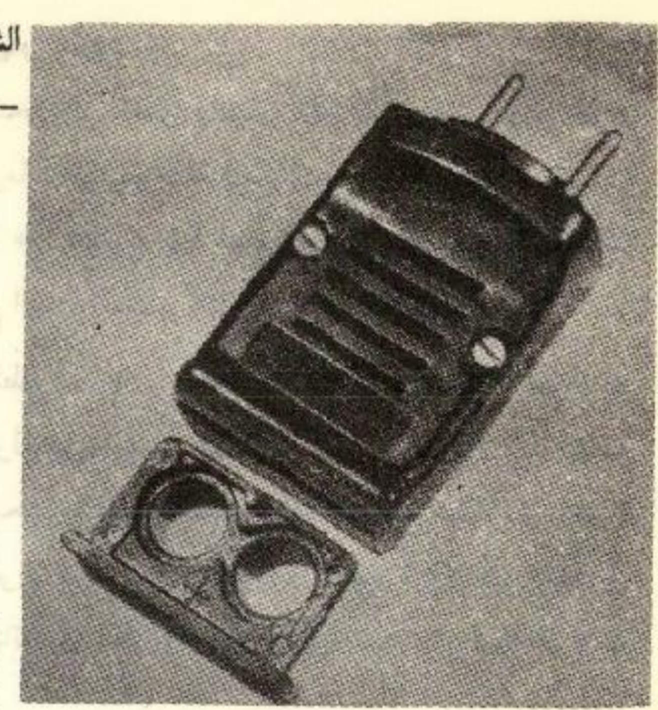
الشكل (٤٨) دائرة شحن للبطاريات باستخدام مصدر للتيار المتردد

١ – مصدر التيار المتردد
٢ – مصاهر
٣ – مقاومة متغيرة
٤ – مفتاح لانتقاء الجهد الملائم
٥ – مصباح بيان
٦ – أميتر
٧ – مقوم
٨ – المراكم المراد شحنها

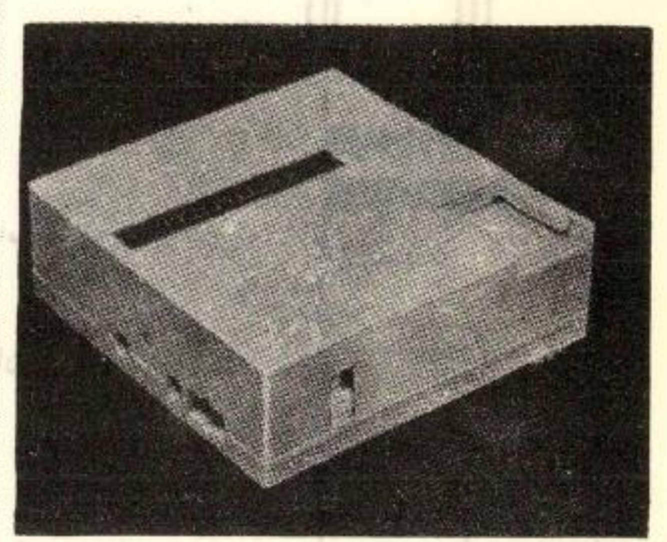
– أنواع معدات الشحن :

تبين الأشكال من ٤٩ إلى ٥١ عددا من المعدات المستخدمة فى شحن المراكم والبطاريات المختلفة ، ومن المعروف أن هناك العديد من معدات الشحن التى تلائم جميع أنواع المراكم ، سواء أكانت هذه المراكم حمضية (مراكم رصاص) أم قلوية (مراكم النيكل – كادميوم) ، وسواء أكانت ثابتة مثل مراكم التليفونات ومراكم الإضاءة فى الطوارئ أم نقالى مثل مراكم العربات والمركبات . كما توجد معدات لشحن البطاريات الخاصة بأجهزة السمع أو أى نوع آخر من البطاريات .

الشكل (٤٩) معدات شحن البطاريات النيكل - كادميوم الصغيرة التي على شكل زرار .







الشكل (٥١) معدات شحن البطاريات المستخدمة فى بدء تشغيل العربات

الشكل (٥٠) معدات شحن البطاريات المستخدمة فى التصوير .

الباب الثالث

نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية

(٢٨) نظم النقل والتوزيع بجهد عال أو بجهد منخفض :

تنقل الطاقة الكهربائية من محطة توليد القدرة الكهربائية إلى المستهلك بواسطة خطوط أو مواصلات يطلق عليها اسم شبكات النقل والتوزيع الكهربائية أو نظم النقل والتوزيع .

ويبين شكل (٥٢) رسما تخطيطيا لشبكة النقل والتوزيع الطاقة الكهربائية ، والتى تبدأ من محطة توليد القدرة الكهربائية إلى المستهلك . ويظهر فى الرسم وسائل التحكم والإشراف المستخدمة لتحديد الأخطاء وضمان أداء هذه الشبكات بكفاءة عالية. وتنقسم نظم نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية إلى :

(ا) نظم النقل والتوزيع بالجهد العالى .

(ب) نظم النقل والتوزيع بالجهد المنخفض .

(أ) نظم النقل والتوزيع بالجهد العالى :

تطلق عادة على الجهود التى تزيد على فلطواحد اسم « جهود الضغط العالى » . وتستخدم الجهود العالية فى نقل الطاقة لمسافات بعيدة لتقليل الفقد ثم يخفض الجهد بواسطة محولات قدرة لتوزيع الطاقة بعد ذلك بشبكات الجهد المنخفض . غير أن الكثير من المصانع الكبيرة تغذى عن طريق شبكات الجهد العالى مباشرة . ويتم فى هذه المصانع تحويل الجهد العالى إلى جهد منخفض بواسطة محطة محولات خاصة داخل هذه المصانع .

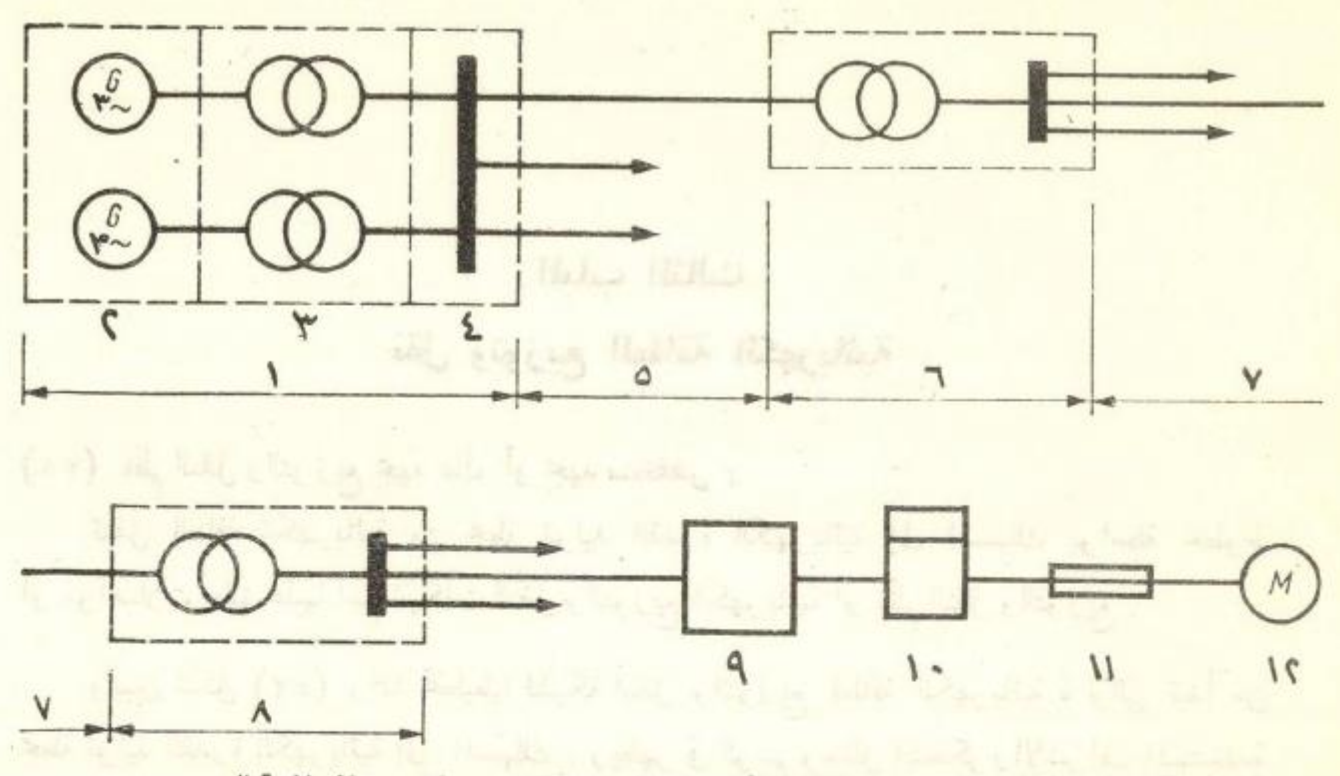
والجهود المقننة المستخدمة فى الجهد العالى هى :

٣ ، ٥ ، ٦ ، ١٠ ، ١٥ ، ٢٠ ، ٣٠ ، ٦٠ ، ١١٠ ، ٢٢٠ ، ٣٠٠ ، ٣٨٠ ك .ف

والاتجاه السائد حاليا هو عدم إقامة أى شبكات توزيع بجهد عال يقل جهدها عن ٣٠ ك .ف . ومن جهة أخرى لا ينصح بإقامة نظم للنقل والتوزيع يزيد جهدها على ٣٨٠ ك. ف . ، حيث أن مثل هذا النظام يصادف صعوبات كثيرة وخاصة بالنسبة لعزل الموصلات .

(ب) نظم النقل والتوزيع بالجهد المنخفض :

يطلق على الجهود التى تزيد على ١٠٠٠ فلط « جهود اضغط المنخفض » . وتوزع الطاقة الكهربائية على معظم المستهلكين العاديين بجهود الضغط المنخفض .



الشكل (٥٢) كيفية توصيل الطاقة الكهربائية من محطة توليد القدرة إلى المستهلك .

١ – معدات محطة القدرة

٢ – مولدات (يتراوح جهدها بين ٦ ك . ف ، ١٠ ك . ف)

٣ – محولات قدرة (لا يزيد جهدها على ٣٨٠ ك . ف)

٤ – محطة المفاتيح وقضبان التوزيع .

٥ – شبكة الجهد العالى .

٦ – محطة المحولات و مجموعة مفاتيح التوزيع (للجهد المتوسط)

٧ – شبكة الجهد المتوسط .

٨ – محطة المحولات ومجموعة مفاتيح التوزيع (للجهد المنخفض)

٩ – شبكة الجهد المنخفض . ١٠ – التوصيلات المنزلية

١١ – العدادات الكهربائية ١٢ – الأجهزة المنزلية

ويفضل عادة ألا يزيد طول خط التوزيع المستخدم فى نظم التغذية بالجهد المنخفض ابتداء من محطة المحولات إلى المستهلك على كيلو متر واحد ، وذلك لتقليل الفقد الناتج فى موصلات الجهد المنخفض، حيث أن شدة التيار المار فى موصلات الجهد المنخفض كبيرة ومساحة مقطع الموصلات صغيرة نسبيا .

وتعتبر الجهد المقننة الآتية أكثر الجهود استخداما فى نظم التغذية بالجهد المنخفض :

الجهود المستخدمة فى نظام التوزيع بالتيار المستمر ١١٠ ، ٢٢٠ ، ٤٤٠ فلط

والجهود المستخدمة فى نظام التوزيع بالتيار المتردد ١٢٥ – ٢٢٠ – ٣٨٠ – ٥٠٠ فلط .

وقد تقسم جهود النقل والتوزيع فى بعض الأحيان إلى :

- جهد منخفض ، وهو الذى لا تزيد قيمته على ١ ك . ف .
- جهد متوسط ، وهو الذى تتراوح قيمته بين ١ ك . ف ، ٣٠ ك . ف .
- جهد عال ، وهو الذى تتراوح قيمته بين ٣٠ ك.ف ، ٣٨٠ ك . ف .

وتتركب نظم النقل والتوزيع إما من كبلات مدفونة فى الأرض أو من موصلات علوية (خطوط هوائية). وتنقل الطاقة الكهربائية فى نظام الجهد العالى أساسا بواسطة الخطوط الهوائية، غير أن هناك بعض الأحوال الخاصة التى تستخدم فيها الكبلات لنقل الطاقة فى نظم الجهد العالى .

أما فى نظام الجهد المنخفض فتستخدم الكبلات أساسا فى النقل والتوزيع. وقد تستخدم الخطوط الهوائية فى بعض الأحيان خارج المدن وفى الأماكن المكشوفة، وذلك تبعا لظروف التشغيل المحلية المختلفة .

(٢٩) الكبلات الأرضية :

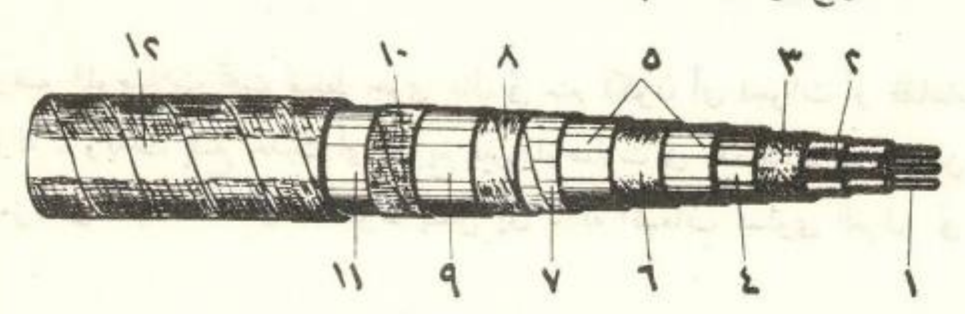
يبين شكل (٥٣) تصميما لكبل أرضى مكون من ثلاثة موصلات .

ويستخدم النحاس عادة كموصل فى الكبلات الأرضية ، وقد يستخدم الألومنيوم حاليا كبديل للموصلات النحاسية فى بعض الكبلات .

ويلاحظ من الرسم أن جميع الموصلات فى الكبل تكون معزولة تماما ، كما يعزل الكبل من الخارج لمنع حدوث أى تيار قصر أو تيار تسرب بين الموصلات بعضها وبعض ،أو بين الموصلات والأرض.

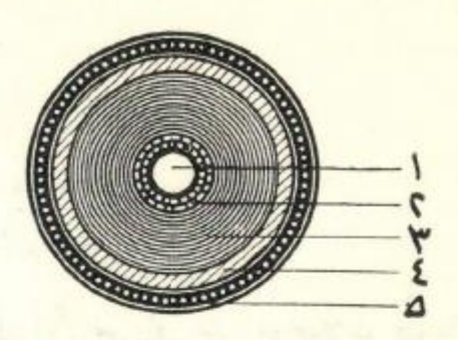
وتتميز كبلات الجهد العالى عن كبلات الجهد المنخفض بقوة عزل كهربائية عالية .

وهناك عدة أنواع من كبلات الجهد العالى أهمها :



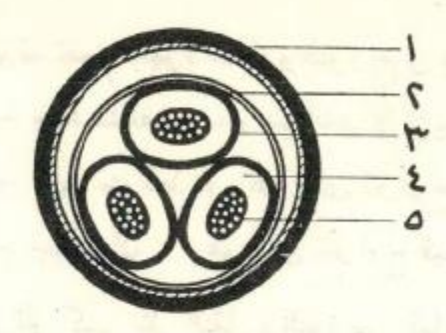
الشكل (٥٣) تصميم كبل أرضى للجهد العالى

١ – موصل الكبل
٢ – ورق مشرب بالزيت
٣ – عازل بيتومين
٤ – غطاء من الرصاص
٥ – مركب عازل
٦ – غطاء من المطاط
٧ – ورق مشرب بالزيت
٨ – شريط من الصلب لحماية الكبل
٩ – مركب عازل
١٠ – شريط مشرب بالعازل
١١ – مركب عازل
١٢ – شريط مضفر



الشكل (٥٤) مقطع لكبل أرضى مملوء بالزيت

١ – ماسورة (مجرى) الزيت
٢ – موصل متعدد الأسلاك
٣ – عازل
٤ – شريط من الرصاص
٥ – شريط من الصلب لحماية الكبل



الشكل (٥٥) قطاع فى كبل أرضى بغاز مضغوط

١ – أنبوبة من الصلب معزولة من الداخل
٢ – حامل للأسلاك المعزولة
٣ – غطاء من الرصاص يحيط بالموصلات
٤ – عازل
٥ – موصلات

(أ) الكبلات المملوءة بالزيت :

يبين الشكل (٥٤) كبلا مملوءا بالزيت ، وفيه يلعب الزيت دورا هاما فى عمل طبقة عازلة رقيقة بين الموصلات تتميز بمستوى عزل عال .

(ب) كبلات الغاز المضغوط :

وفيها توضع الموصلات المعزولة داخل أنبوبة من الصلب مملوءة بالهواء (تحت ضغط يتراوح بين ٨ ، ١٥ ضغط جوى) ، أو بغاز النيتروجين (تحت ضغط يتراوح بين ٤ ، ١٤ ضغط جوى) .

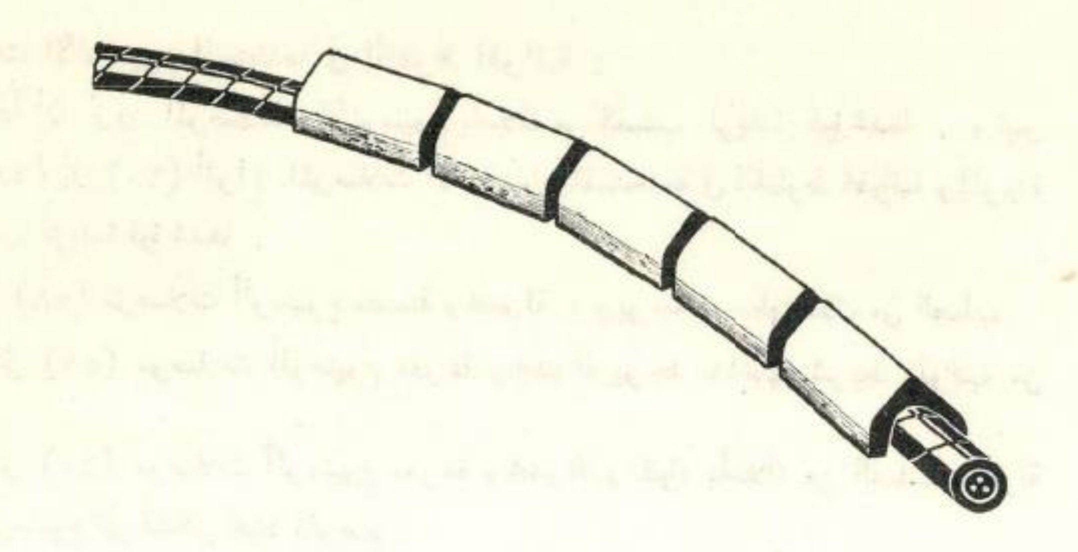
ويفيد وضع الموصلات تحت ضغط جوى عال فى منع تكون أى فجوات أو فقاعات هوائية فى المواد العازلة ، وبذلك يمنع حدوث أى تفريغ بين الموصلات فى هذه الكبلات ، ومن المعروف أن مستوى العزل فى كبلات الغاز المضغوط يصل إلى ثلاثة أضعاف مستوى العزل فى الكبلات العادية .

– طرق وضع الكبلات فى الأرض :

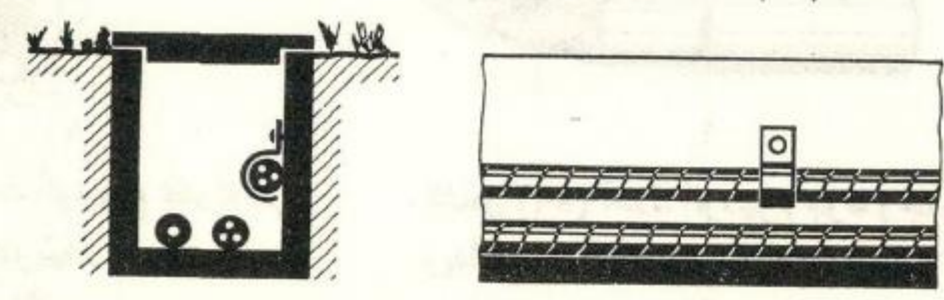
عند وضع الكبلات فى الأرض سواء فى نظم التوزيع بالجهد المنخفض أو بالجهد العالى يراعى الآتى :

١ – يجب دفن الكبلات على عمق يزيد على العمق الذى تصل إليه عمليات الحفر العادية (مد مواسير المياه فى الأرض ، مثلا) .

٢ – يجب حماية الكبلات من التلف الميكانيكى أثناء عمليات الحفر بوضعها داخل غلاف حجرى ، كما فى شكل (٥٦) ، أو فى مجارى أو خنادق مصممة لهذا الغرض كما فى شكل (٥٧) .



الشكل (٥٦) كبل أرضى محمى داخل غطاء حجرى على شكل قلنسوة



الشكل (٥٧) كبل أرضى موضوع داخل خندق (مجرى أرضية)

(٣٠) الخطوط الهوائية :

تستخدم الموصلات الألومنيوم حاليا فى الخطوط الهوائية لشبكات النقل لخفة وزنها وقلة تكاليف تركيب وإنشاء الأبراج الحاملة لها . فن المعروف أن استخدام الموصلات النحاسية فى الخطوط الهوائية يؤدى إلى زيادة كبيرة فى تكاليفها وتكاليف إنشاء الأعمدة والأبراج الحاملة لها . ويعيب الموصلات الألومنيوم أن مقاومتها النوعية أعلى من المقاومة النوعية للموصلات النحاسية ، وأن مقدار الارتخاء فى الخطوط الألومنيوم يتغير تغيرا كبيرا باختلاف درجات الحرارة وأن قوة شدها صغيرة ..

لذلك يجب مراعاة ما يلى عند تركيب الموصلات الألومنيوم فى الخطوط الهوائية .

(ا) أن تكون قوة الشد المسلطة على الموصلات الألومنيوم صغيرة نسبياً .

(ب) أن تكون المسافة بين المواصلات (الخطوط) أكبر ما يمكن وذلك لأسباب اقتصادية .

(ج) أن يكون الارتخاء مطابقاً للأبعاد القياسية ، علماً بأن هذا الارتخاء يتغير تغيراً كبيراً باختلاف درجات الحرارة .

وفيما يلى وصف مبسط للأجهزة والمواد والمعدات المستخدمة فى تركيب الخطوط الهوائية .

(أ) الموصلات الألومنيوم المستخدمة فى الخطوط الهوائية :

يفضل دائماً أن تزود الموصلات الألومنيوم بأسلاك من الصلب لزيادة قوة شدها . وتبين الأشكال من (٥٨) إلى (٦٠) أنواع الموصلات الألومنيوم المستخدمة فى الخطوط الهوائية والمزودة بأسلاك من الصلب لزيادة قوة شدها .

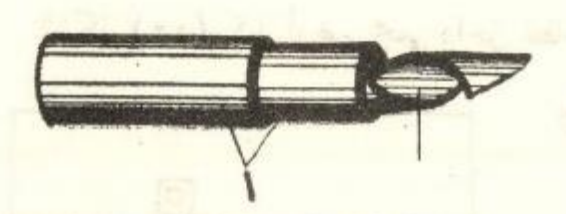
يبين شكل (٥٨) موصلات ألومنيوم مصمتة ومجدولة ، ويوجد بوسطها سلك من الصلب.

ويبين شكل (٥٩) موصلات ألومنيوم مفرغة ومجدولة يوجد بداخلها شريط ملولب من الصلب .

ويبين شكل (٦٠) موصلات ألومنيوم مفرغة ومجدولة ومقواه بأسلاك من الصلب مدفونة داخل طبقة الألومنيوم التى تشكل محيط الموصم .



شكل (٥٨) موصلات ألومنيوم مجدولة يمر فى قلبها سلك صلب لتقويتها .
١ – الموصلات الألومنيوم
٢ – الأسلاك الصلب .



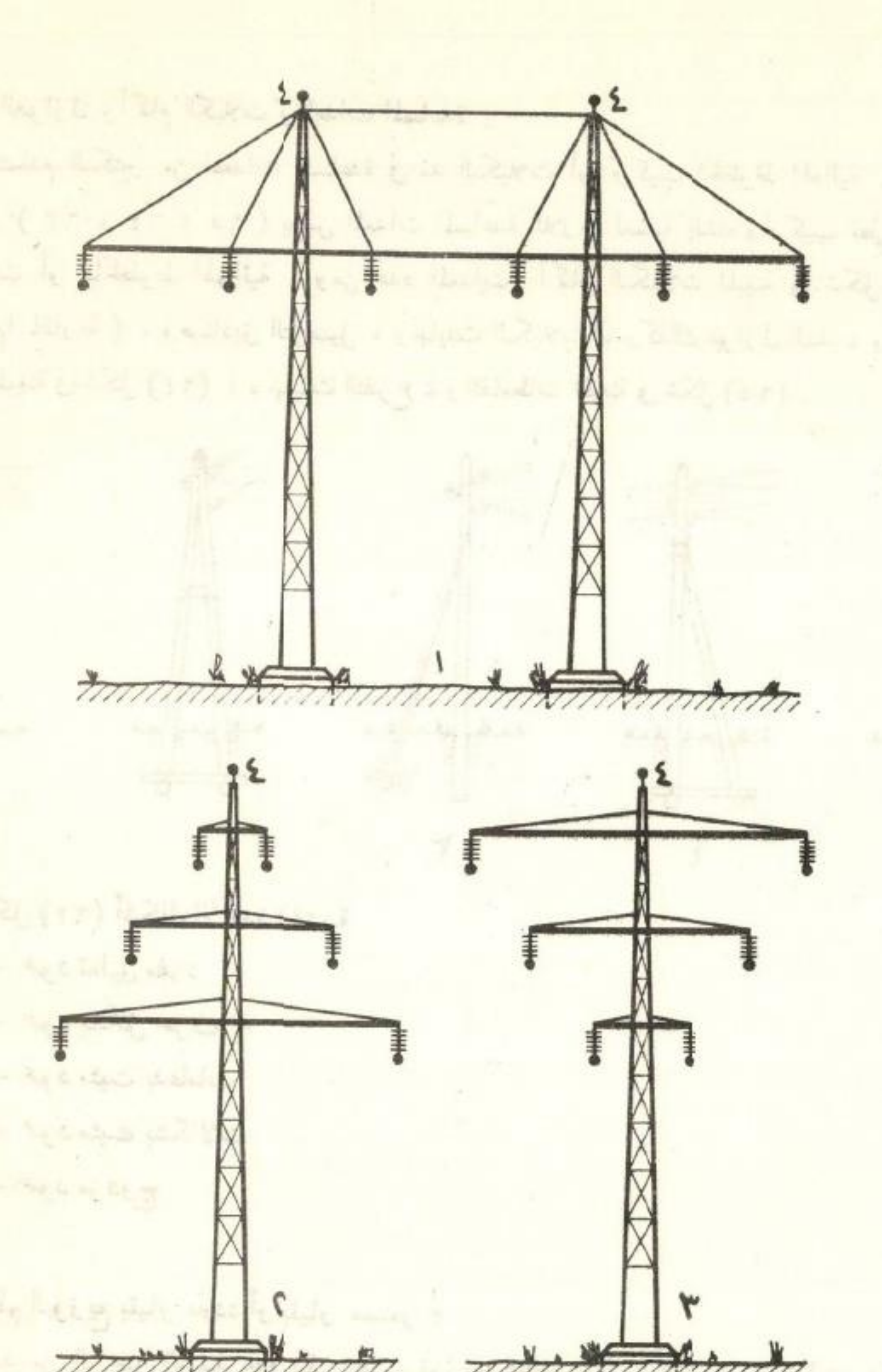
الشكل (٥٩) أسلاك ألومنيوم مجوفة ومجدولة وبداخلها شريط صلب ملفوف للتقوية :
١ – الموصل الألومنيوم
٢ – الشريط الصلب الملفوف



الشكل (٦٠) موصل أجوف من الألومنيوم ، يوجد بالخامة التى تشكل محيطه أسلاك من الصلب مدفوعة فيه لتقويته .

(ب) الأبراج والأعمدة المستخدمة فى التركيبات الكهربائية للخطوط الهوائية :

تستخدم الأبراج الحديدية ذات التصميم التشابكى أو الأبراج الحديدية المقواة بدعائم ، فى حمل الخطوط الهوائية لنقل الطاقة الكهربائية بجهد عال ، بينما تستخدم الأعمدة الخشبية والخرسانية عادة فى حمل الخطوط الهوائية لنقل الطاقة بجهد منخفض . ويبين الشكل (٦١) عدة أنواع من الأبراج الحديدية ذات التصميم التشابكى (المزودة بدعائم تقوية) والمستخدمة فى الجهد العالى . ويبين الشكل (٦٢) بعض أنواع الأعمدة الخشبية ، مثل أعمدة التعليق أو الأعمدة المثبتة بدعامات أو الأعمدة المزدوجة . . . إلخ ، والمستخدمة فى الجهد المنخفض . وحيث أن هذه الأعمدة تستخدم بصفة رئيسية فى حمل الموصلات ، لذلك يفضل تثبيتها بطريقة تمكنها من تحمل الإجهادات الناتجة من الشد الذى تسببه هذه الموصلات .



الشكل (٦١) أشكال الأبراج الحديدية ذات التصميم التشابكى

١ – برج بابى (على هيئة باب)

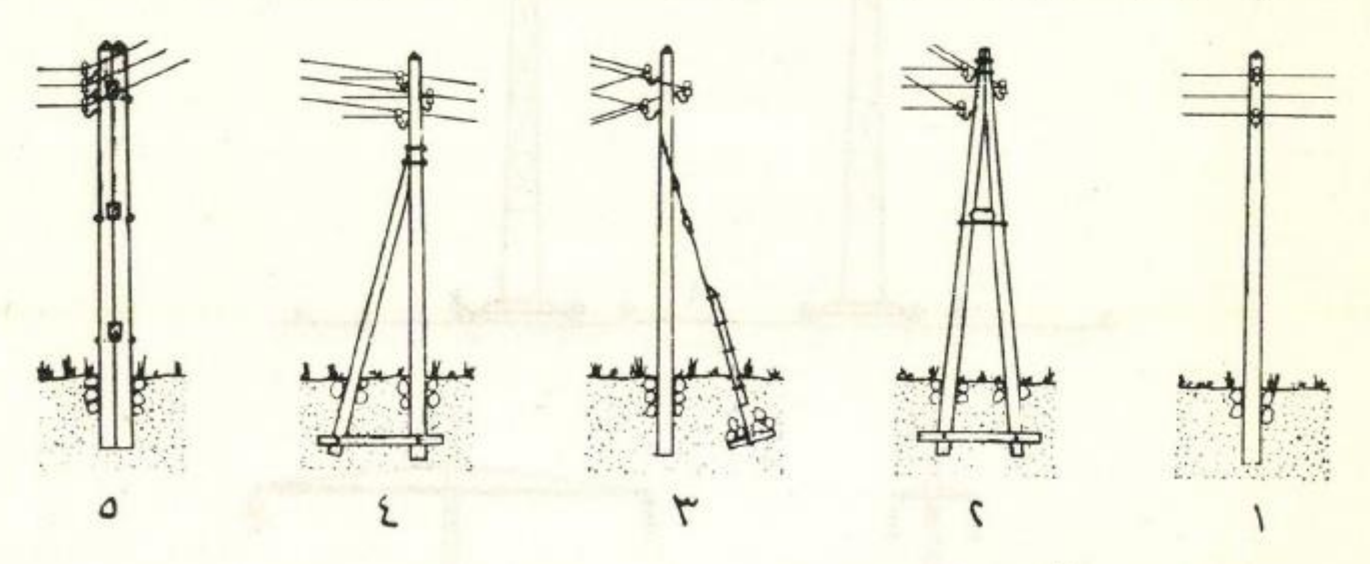
٢ – برج على هيئة شجرة الأرز

٣ – برج على هيئة شجرة الأرز المقلوبة

٤ – كبلات للتأريض (توضع أعلى البرج لحمايته من الصواعق ، كما تستخدم فى التأريض لضمان السلامة)

(ج) العوازل وأكمام الكبلات والمعدات المساعدة :

يستخدم الكثير من المعدات المساعدة فى مد الكبلات أو تركيب الخطوط الهوائية . وتبين الأشكال (٦٣ ، ٦٤ ، ٦٥) بعض المعدات المساعدة اللازمة لعملية إنشاء وتركيب نظم التغذية بالكبلات أو بالخطوط الهوائية . ومن هذه المعدات أكمام الكبلات المبينة فى شكل (٦٣) (الأكمام المقارنة) ، وصناديق التوصيل ، ونهايات الكبلات ، وكذلك عوازل الشد ، وعوازل التعليق المبينة فى شكل (٦٤) ، ونهايات التفرع ، والقامطات المبينة فى شكل (٦٥) .



الشكل (٦٢) أشكال الأعمدة الخشبية

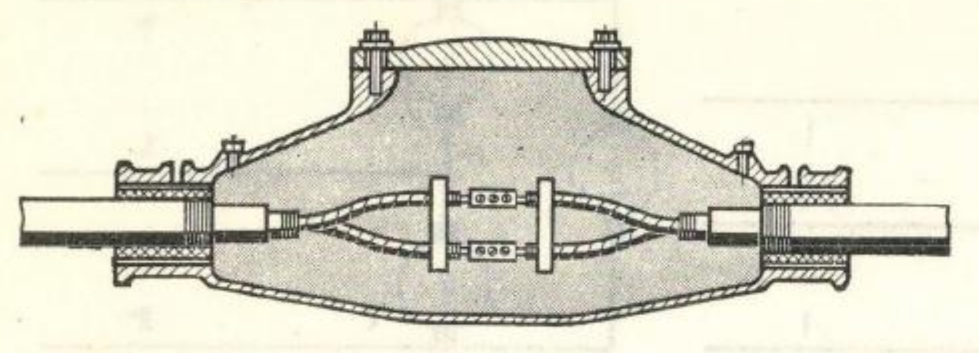
١ – عمود تعليق مفرد
٢ – عمود بشكل حرف A
٣ – عمود مثبت بدعامات
٤ – عمود مثبت بشكالات
٥ – عمود مزدوج

(٣١) نظم التوزيع بتيار متردد أو بتيار مستمر :

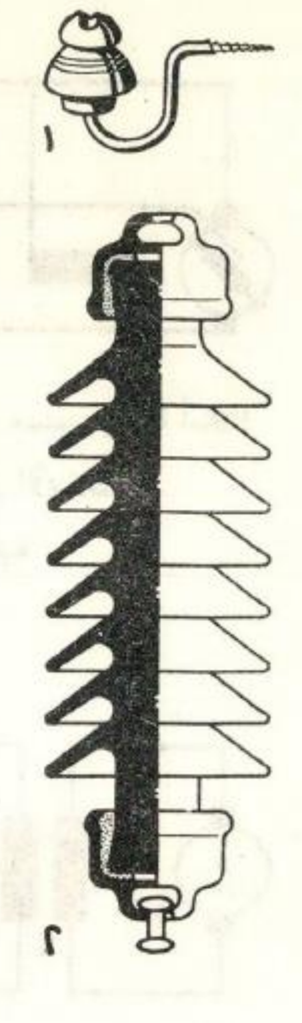
يوجد من الناحية العملية عدة نظم لنقل وتوزيع الطاقة الكهربائية من المولدات مباشرة . وفيما يلى مسح لأكثر نظم التوزيع المستخدمة شيوعاً ، مع ملاحظة أن بعض هذه النظم لا يستخدم حالياً فى تركيب أو إنشاء شبكات التغذية الجديدة .

– نظم توزيع التيار المستمر :
تبين الأشكال (٦٦ إلى ٦٩) النظم المختلفة لتوزيع التيار المستمر .

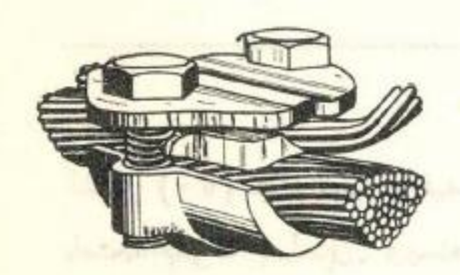
– نظم توزيع التيار المتردد :
تبين الأشكال (٧٠ إلى ٧٣) النظم المختلفة لتوزيع التيار المتردد .



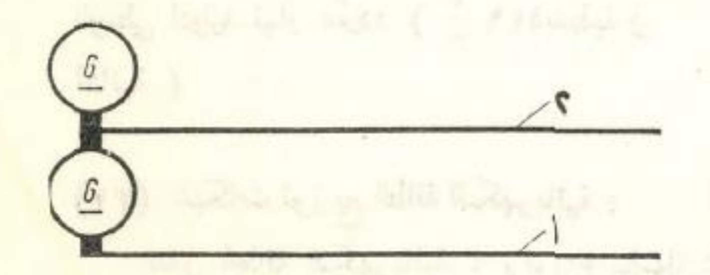
شكل (٦٣) كم قارن للكبل (ترتيبة لتوصيل كبلين معا)

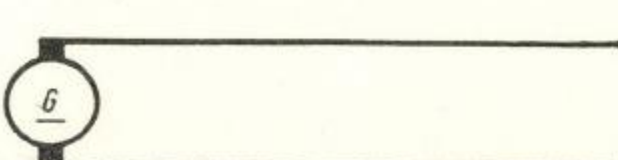


الشكل (٦٤) العوازل
١ – عازل شد
٢ – عازل تعليق (ذو طاقية ومسمار)



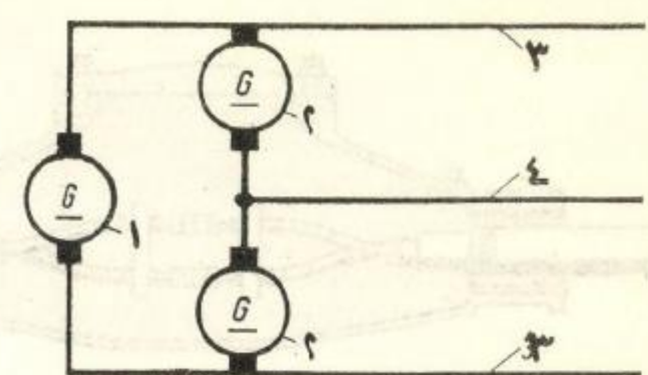
الشكل (٦٥) قامطة مخلبية للخطوط الهوائية



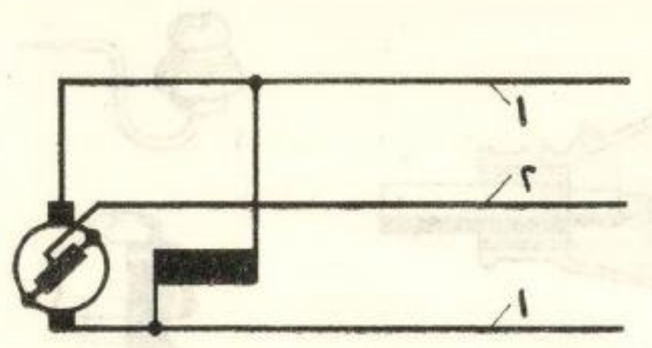


الشكل (٦٦) نظام تيار مستمر بسلكين

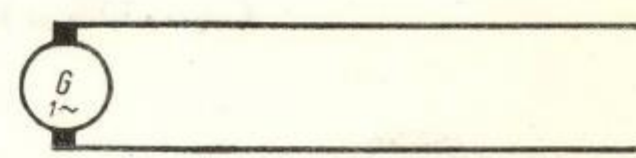
الشكل (٦٧) نظام تيار مستمر بثلاثة أسلاك. يمكن الحصول على هذا النظام بتوصيل مولدين على التوالى
١ – الموصلات الخارجية ٢ – الموصل المتعادل



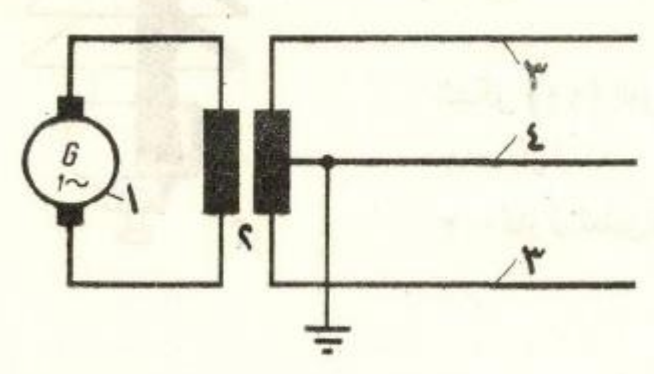
الشكل (٦٨) نظام تيار مستمر بثلاثة أسلاك
تستخدم فيه المولدات الموازنة
١ – المولد الرئيسى
٢ – المولدات الموازنة
٣ – الموصلات الخارجة
٤ – الموصل المتعادل



الشكل (٦٩) نظام تيار مستمر بثلاثة أسلاك
يستخدم فيه المولد الثلاثى الأسلاك
١ – الموصلات الخارجية
٢ – الموصل المتعادل



الشكل (٧٠) نظام توليد وحيد الطور بسلكين باستخدام مولد بسلكين. ويستعمل هذا النظام أساسا فى الجر الكهربائى فى بعض بلدان أوروبا الوسطى لتوليد تيار متردد ($\frac{٢}{٣}$ ١٦ذبذبة فى الثانية)



الشكل (٧١) نظام وحيد الطور بثلاثة أسلاك باستخدام محول
١ – مولد
٢ – محول
٣ – الموصل الرئيسى
٤ – الموصل المتعادل

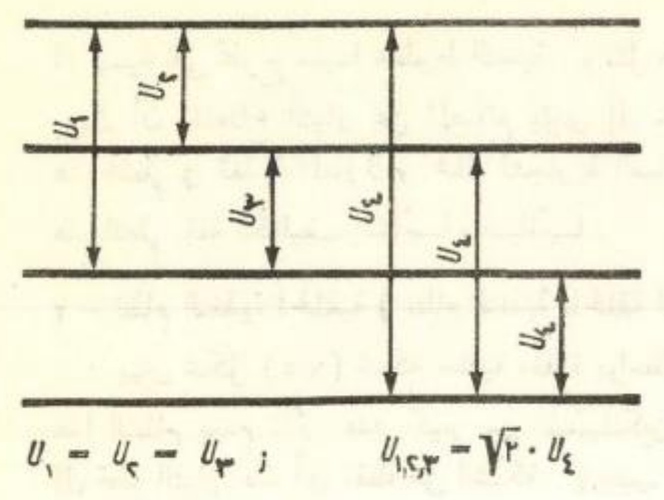
(٣٢) شبكات توزيع الطاقة الكهربائية :

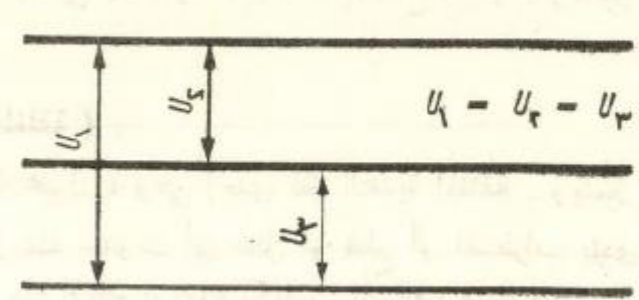
تنقل الطاقة الكهربائية ، وتوزع بواسطة شبكات تغذية مكونة من موصلات مركبة بطرق مختلفة . وفيما يلى موجز لمتطلبات اللازم توافرها فى شبكات التغذية وأنواعها المختلفة .

المتطلبات اللازم توافرها فى شبكات التغذية المختلفة :

يجب أن تتوافر المتطلبات الآتية فى شبكات التغذية .

(ا) أن تكون لديهـا قدرة عالية للأداء والخدمة المستمرة .





الشكل (٧٢) نظام ثلاثى الأطوار بثلاثة أسلاك

الشكل (٧٣) نظام ثلاثى الأطوار بأربعة أسلاك
١ – الموصل الرئيسى ٢ – الموصل المتعادل

(ب) أن تكون مصممة بحيث تقلل من عدد الأخطاء والاضطرابات والخلل والأعطال التى تحدث فيهـا . وأن يكون بهـا وسائل للتحكم والإشراف ، وأن تصمم بطريقة تسهل تحديد مواقع الأخطاء التى قد تحدث مع إمكان حصرها فى أضيق نطاق .

(ج) ألا تؤدى إلى هبوط الفلطية (أى أن يبقى جهد التوزيع ثابتاً ما أمكن) .

(د) ألا تؤدى إلى زيادة كبيرة فى تكاليف نقل الطاقة وتوزيعها (أى تكون تكاليف إنشائهـا وصيانتهـا اقتصادية) .

(هـ) أن يكون تصميم الشبكة بحيث يسمح بعمليات التوسع فى مدها مستقبلا .

ومن المعروف أن هذه المتطلبات كلها لا يمكن تحقيقها جميعاً فى كافة الظروف ، لذلك تصمم شبكات التغذية لتفى بهذه المتطلبات كلما أمكن ذلك .

أنواع شبكات النقل والتغذية :

فيما يلى شرح لأكثر أنواع الشبكات انتشاراً ، مع شرح مبسط لمزايا وعيوب كل منهـا :

١ – نظام التغذية نصف القطرى : (شبكة التغذية الإشعاعية)

يبين شكل (٧٤) شبكة توزيع إشعاعية (نصف قطرية) ، وهى إحدى نظم التغذية المفتوحة التى تتم فيها عملية التغذية من جانب واحد ، وفيهـا تخرج الخطوط المختلفة إلى مواقع الاستهلاك من نقطة واحدة . ويعيب هذا النظام أنه إذا حدث قطع أو خلل أو اضطراب أو قصر دائرة فى أية نقطة بالشبكة ، فإنه يؤدى إلى انقطاع التيار عن جزء كبير من المستهلكين . ويزيد عدد المستهلكين الذين يتأثرون بانقطاع التيار كلما كانت نقطة الخطأ أو الاضطراب قريبة من نقطة التغذية

الرئيسية التي تخرج منها خطوط التغذية . ومثل هذه الشبكات لا تستخدم فى تغذية المصانع الكبيرة ، حيث أن انقطاع التيار عن المصانع يؤدى إلى خسارة جسيمة ونقص فى الإنتاج ويفضل استخدام هذه النظم فى تغذية المنازل والمحال التجارية الصغيرة التى لا تتأثر كثيراً عند إنقطاع التيار . وتتميز هذه النظم بقلة تكاليف إنشائها وصيانتها .

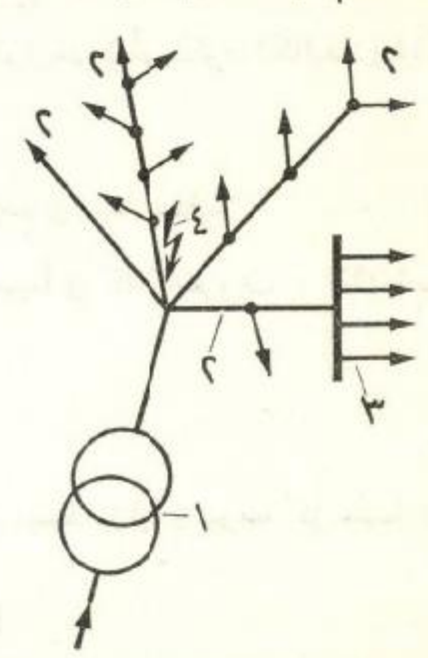
٢ – نظام التغذية الحلقية (نظام التغذية بالحلقة المغلقة) :

يبين شكل (٧٥) شبكة حلقية مغذاة بواسطة محول ، وهى إحدى نظم التغذية المغلقة . ويتميز هذا النظام بعدم تأثر عدد كبير من المستهلكين عند حدوث أى عطل أو قطع أو اضطراب يؤدى إلى قطع التيار عند أى نقطة من الشبكة . ويعيب هذا النظام ارتفاع تكاليف إنشائه وصيانته .

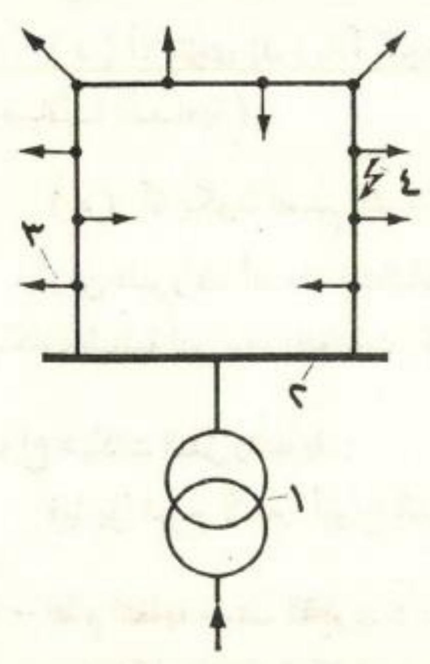
ويفضل فى نظام التغذية الحلقى مراعاة أبعاد وأطوال الموصلات المستخدمة فيه وحسابها بدقة بحيث لا يؤدى صغر مساحة مقطع الموصلات إلى انخفاض الجهد لدى المستهلكين الموجودين فى نهاية الحلقة ، وخاصة إذا حدث الخطأ أو القطع عند نقطة من النقط القريبة من القضبان الرئيسية .

٢ – نظام التغذية النجمى :

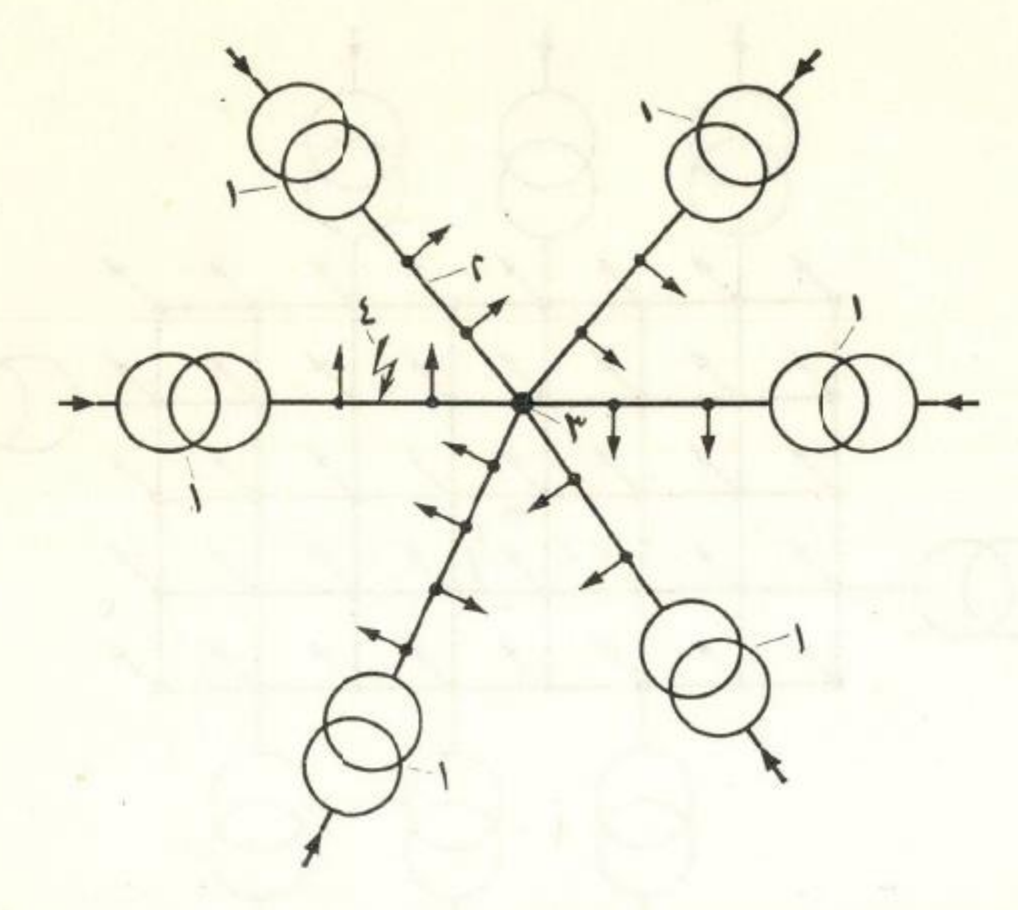
يبين شكل (٧٦) نظام التغذية النجمى ، وهذا النظام يجمع بين مميزات الشبكات الحلقية والإشعاعية . ويستخدم مثل هذا النظام لتغذية الأحمال المتغيرة حيث يسمح بإضافة بعض المحولات إلى الشبكة فى حالة زيادة الحمل فى منطقة معينة ، كما يسمح بفصلها فى حالة نقص الحمل . ويعيب هذا النظام زيادة تكاليف إنشائه .



الشكل (٧٤) نظام التغذية الإشعاعى (شبكة إشعاعية)
١ – محول تغذية
٢ – الخطوط
٣ – محطة محولات
٤ – موضع الخطأ



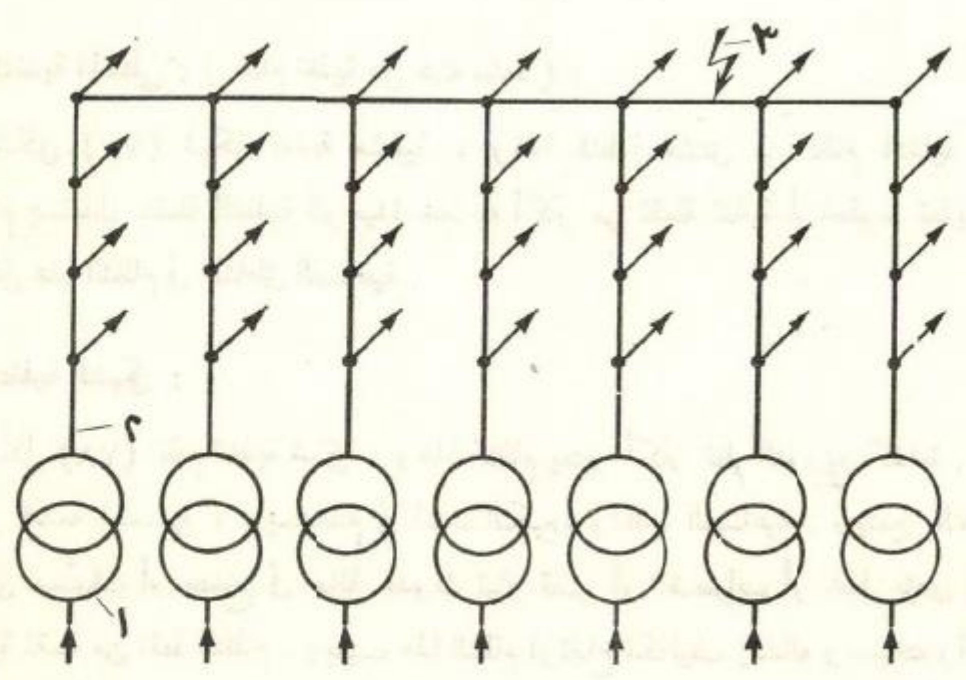
الشكل (٧٥) نظام التغذية الحلقى (شبكة حلقية)
١ – محول تغذية .
٢ – قضبان مجمعة للتغذية
٣ – فرع
٤ – موضع الخطأ



الشكل (٧٦) نظام التوزيع النجمى (شبكة نجمية)

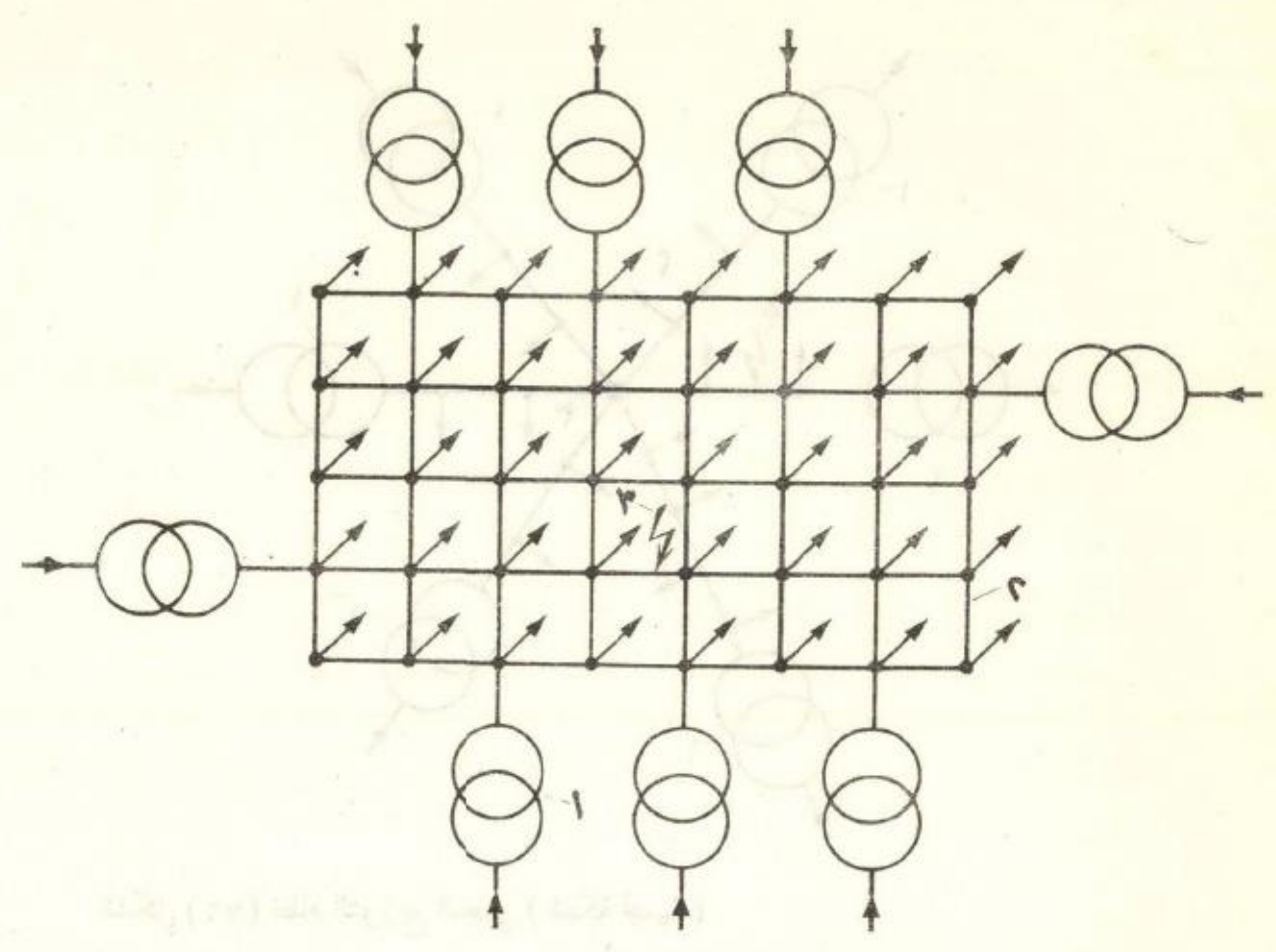
١ – محول تغذية ٢ - خطوط التغذية

٣ – نقطة التعادل ٤ – موضع الخطأ



الشكل (٧٧) نظام التوزيع المشطى (شبكة على هيئة المشط)

١ – محول تغذية ٢ – خطوط التغذية ٣ – موضع الخطأ



الشكل (٧٨) نظام التغذية الشبكى

١ – محول تغذية　　　٢ – خطوط التغذية الشبكية　　　٣ – موضع الخطأ

٤ – نظام التغذية المشطى : (نظام تغذية على هيئة مشط) :

يبين شكل (٧٧) شبكة تغذية مشطية ، وهذا النظام مشتق من نظام التغذية النجمى . فى هذا النظام يستبدل بنقطة التغذية الوحيدة خط به أكثر من نقطة تغذية أو خطوط تغذية متقاطعة. ويستخدم مثل هذا النظام فى المناطق الصناعية .

٥ – نظام التغذية الشبكى :

يبين شكل (٧٨) نظام تغذية شبكى ، وهذا النظام يعتبر أكثر نظم التوزيع كفاءة . فهو يعطى الحد الأقصى لخدمة المستمرة ، ويستخدم فى المدن الكبيرة والمدن الصناعية . ويتميز النظام الشبكى بعدم تأثر أى مستهلك أو مصنع فى حالة حدوث تيار قصر أو اضطراب أو خلل يؤدى إلى انقطاع التيار عند أية نقطة من نقط النظام . ويعيب هذا النظام ارتفاع تكاليف إنشائه وصيانته والعناية به ، هذا بالإضافة إلى أن تعقيد هذا النظام يؤدى إلى صعوبة الوصول إلى موضع الخطأ أو الاضطراب أو قصر الدائرة الذى يحدث بالشبكة .

الباب الرابع

وسائل التحكم فى الطاقة الكهربائية

يعرف التحكم بأنه القوة الحاكمة التى تحدد تغير الكميات المؤثرة فى الطاقة الكهربائية لدائرة ما (الجهد والتيار والمقاومة الخاصة بالدائرة) ، كما يتضمن أيضاً إنقاص أو زيادة هذه الكميات الكهربائية ، ووصل أو قطع الدوائر الكهربائية المتصلة بهذه الدائرة .

وتنقسم معدات القطع والوصل ووسائل التحكم إلى قسمين :

أولا : وسائل التحكم فى الجهد العالى .

ثانياً : وسائل التحكم فى الجهد المنخفض .

أولا : وسائل التحكم فى الجهد العالى

(٣٣) وسائل القطع والوصل فى الجهد العالى :

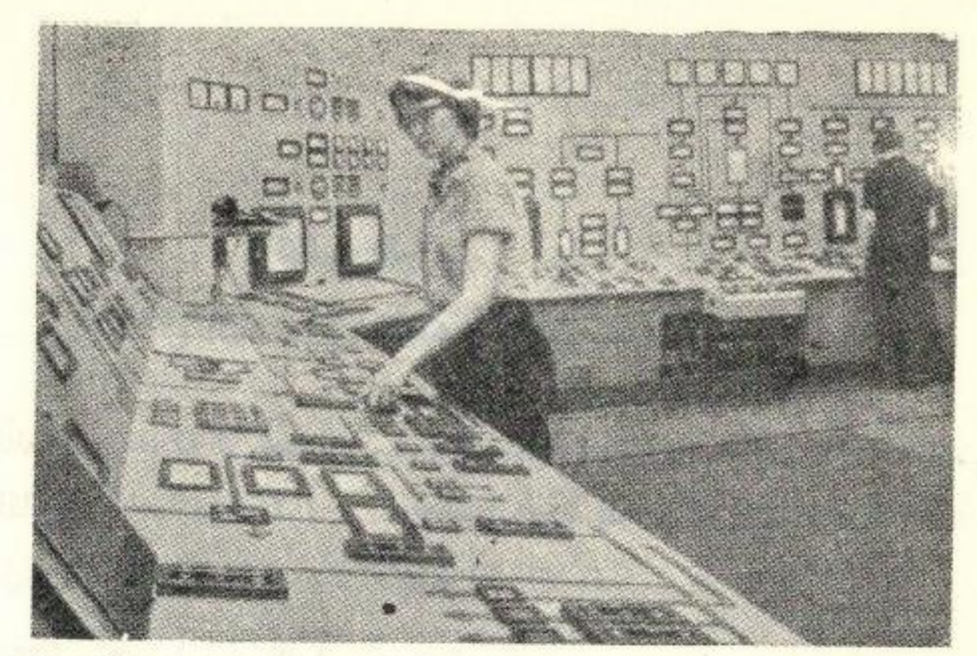
يراعى حالياً فى تصميم محطات توليد القدرة الكهربائية الحديثة فصل محطة المفاتيح وأجهزة التحكم عن معدات القطع والوصل للجهد العالى ، كما هو مبين فى شكل (٧٩) . وتزود محطة المفاتيح عادة بلوحة أو منضدة توضع عليها المفاتيح وأجهزة التحكم وأجهزة القياس ، ويطلق عليها « لوحة التوزيع » أو « منضدة التوزيع » ، ويتم بواسطتها التحكم فى الطاقة الكهربائية للجهد العالى . وتنقسم معدات القطع والوصل عادة إلى :

(ا) معدات قطع ووصل داخل المبانى .

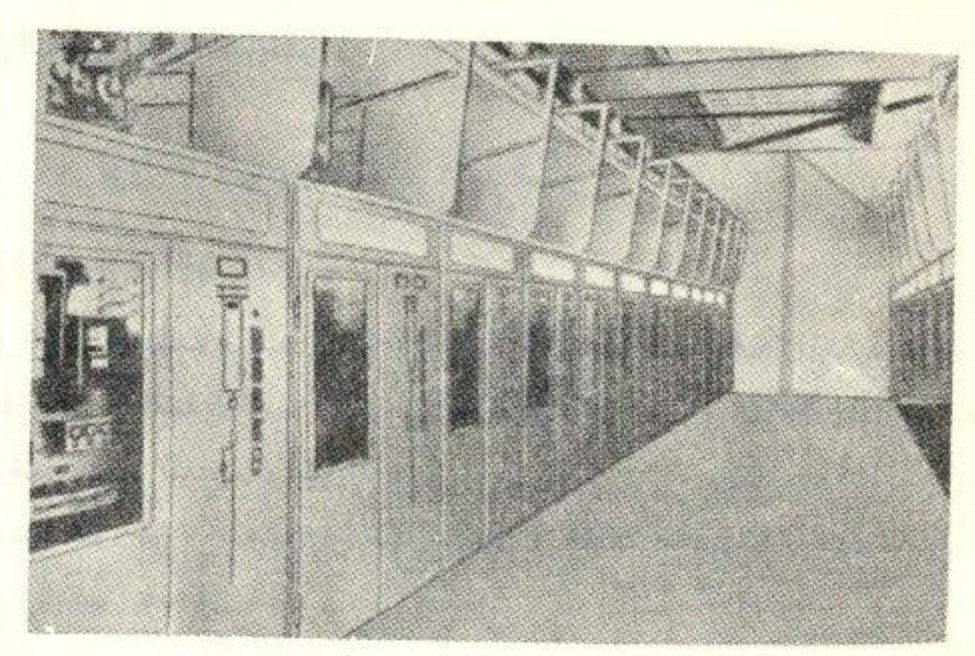
(ب) معدات قطع ووصل خارج المبانى .

(أ) معدات القطع والوصل داخل المبانى :

تركب معدات القطع والوصل الحديثة داخل مبنى واحد أو مبنيين منفصلين ، وتكون هذه المعدات عادة موضوعة داخل صناديق حديدية مغلقة يحتوى كل صندوق منها على وحدة من وحدات القطع والوصل . وقد أصبح من الممكن حالياً استخدام مبنى واحد فقط نظراً لتوفر أجهزة القطع والوصل الصغيرة التى تعمل بدون زيت أو بزيت قليل ، ويبين الشكلان (٨٠ ، ٨١) هذه المعدات داخل المبانى .



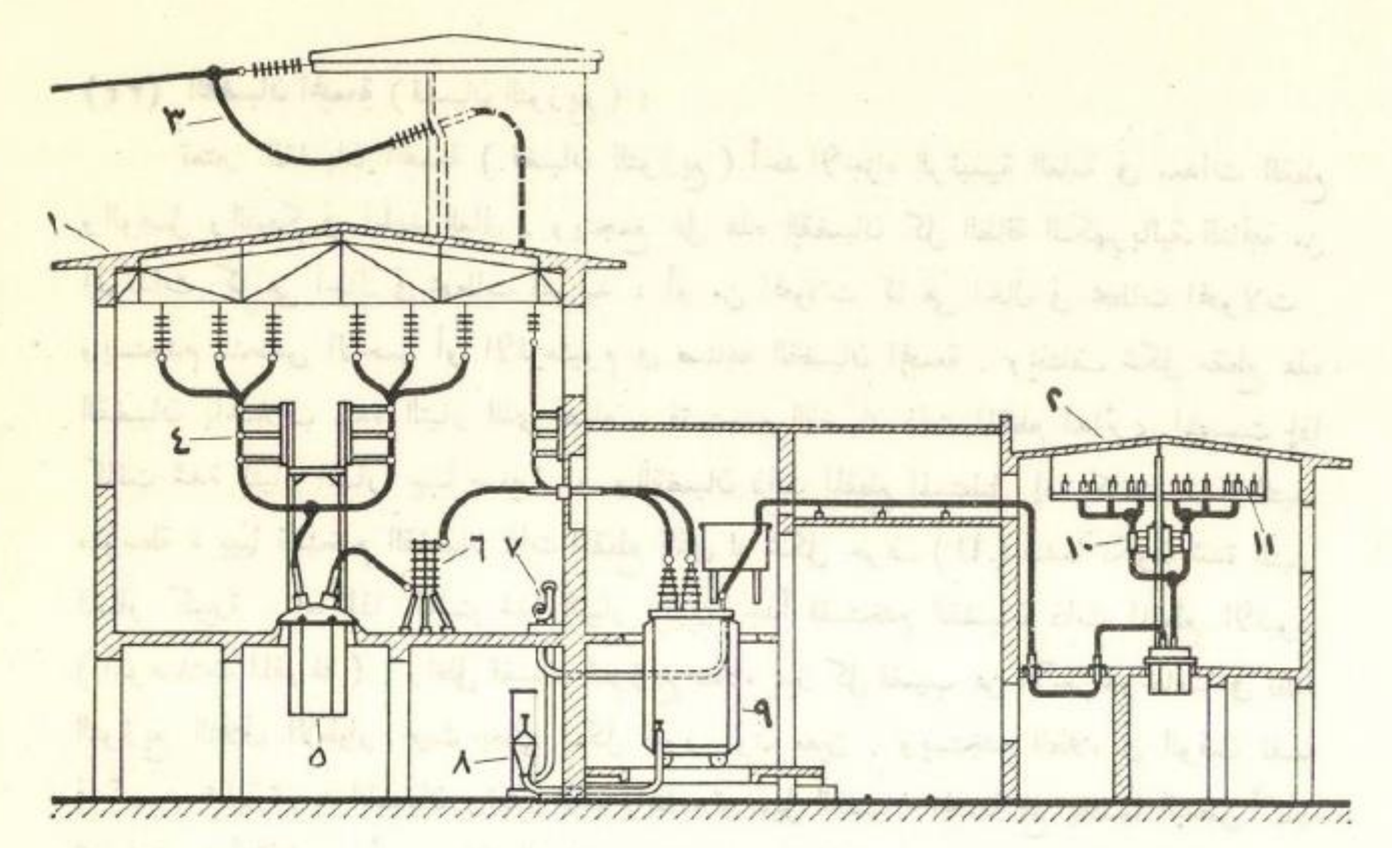
الشكل (٧٩) منظر عام لمحطة المفاتيح الملحقة بمحطة توليد القدرة الكهربائية



الشكل (٨٠) منظر عام لمحطة مفاتيح داخل المبانى .

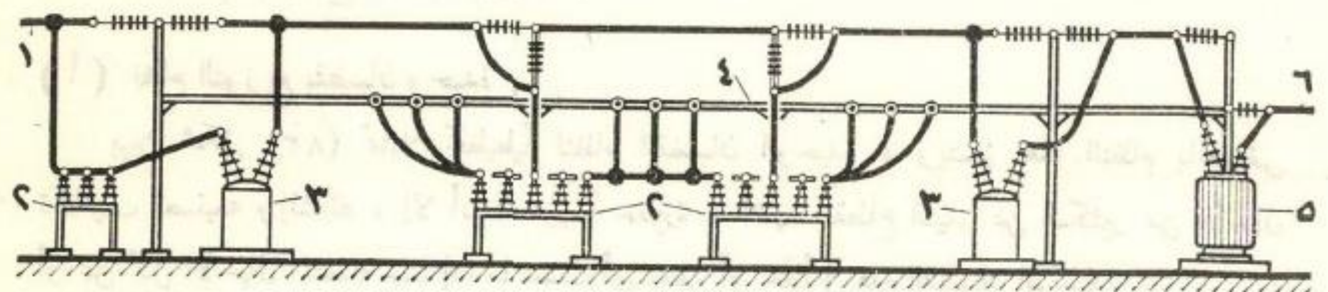
(ب) معدات القطع والوصل خارج المبانى :

يفضل عادة فى نظم توزيع الجهد العالى وضع الخطوط الهوائية وترتيبها بحيث يكون بين بعضها البعض مسافة كبيرة كلما أمكن ذلك لتجنب حدوث وميض عابر بين الخطوط . لذلك تحتاج أجهزة القطع والوصل فى الجهد العالى إلى مساحات شاسعة حتى يمكن تركيبها فى أماكن مناسبة . ومن الأفضل اقتصادياً وضع هذه المعدات فى أماكن مكشوفة فى العراء دون مبان ، ويفضل فى الجهود العالية جداً ترتيب جميع المعدات والأجهزة وتركيبها فى وضع أفقى . ويبين الشكل (٨٢) رسماً تخطيطياً لوضع هذه المعدات أفقياً فى الأماكن المكشوفة .



الشكل (٨١) رسم تخطيطى لمحطة مفاتيح داخل المبانى خاصة بمحطة محولات

١ – مفاتيح الجهد العالى ١٠٠ ك.ف
٢ – مفاتيح الجهد المتوسط ٥ ك.ف
٣ – نقطة التغذية
٤ – مفتاح فاصل
٥ – مفتاح قدرة (مفتاح زيتى)
٧ – مضخة دفع زيت التبريد
٨ – وحدة التبريد
٩ – محول
١٠ – مفتاح فاصل
١١ – صندوق توصيل



الشكل (٨٢) رسم تخطيطى لمحطة مفاتيح توزيع خارج المبانى

١ – نقطة التغذية
٢ – مفتاح فاصل
٣ – مفتاح قدرة
٤ – قضبان التوزيع
٥ – محول
٦ – نهاية خروج

(٣٤) القضبان المجمعة (قضبان التوزيع) :

تعتبر القضبان المجمعة (قضبان التوزيع) أحد الأجزاء الرئيسية العامة فى معدات القطع والوصل والتحكم فى الجهد العالى . ويتجمع على هذه القضبان كل الطاقة الكهربائية الناتجة من المولدات كما هى الحال فى محطات التوليد ، أو من المحولات كما هى الحال فى محطات المحولات . ويستخدم النحاس الأحمر أو الألومنيوم فى صناعة القضبان المجمعة . ويختلف شكل مقطع هذه القضبان باختلاف شدة التيار الذى تحمله ، فتستخدم القضبان ذات المقطع الدائرى المصمت إذا كانت شدة التيار المار بها صغيرة ، والقضبان ذات المقطع المستطيل إذا كانت شدة التيار متوسطة ، بينما تستخدم القضبان ذات المقطع الذى له شكل حرف (U) عندما تكون شدة التيار المار كبيرة . أما إذا كانت شدة التيار كبيرة جداً فتستخدم القضبان ذات المقطع الأنبوبى (الموصلات المفرغة) . وتطلى قضبان التوزيع بطلاء يميز كل قضيب عن الآخر ،وخاصة فى نظام التوزيع الثلاثى الأطوار حيث يعطى لكل طور لون معين . ويستخدم الطلاء فى الوقت نفسه فى تحسين عملية تبريد القضبان.وتعتبر نقط ربط وتوصيل القضبان المجمعة مع بعضها البعض أكثر النقط تعرضاً لخطر ، أو حدوث الشرارة وارتفاع درجة الحرارة . . . إلخ . لذلك تستخدم عادة مسامير مقلوظة وصواميل لربط القضبان بعضها ببعض . وتطلى رؤوس هذه المسامير بطلاء حرارى ،أى بطلاء يتغير لونه إذا ارتفعت درجة حرارة المسمار ووصلت إلى درجة معينة، ويعتبر هذا دليلا على أن نقطة الاتصال هذه لم تعد فى حالة سليمة ويلزم الكشف عليها لإزالة الخطأ الحادث.

وتنقسم نظم التوزيع المجمعة إلى :

(ا) نظام توزيع بقضبان وحيدة .

(ب) نظام توزيع بقبضان مزدوجة .

(أ) نظام التوزيع بقضبان وحيدة :

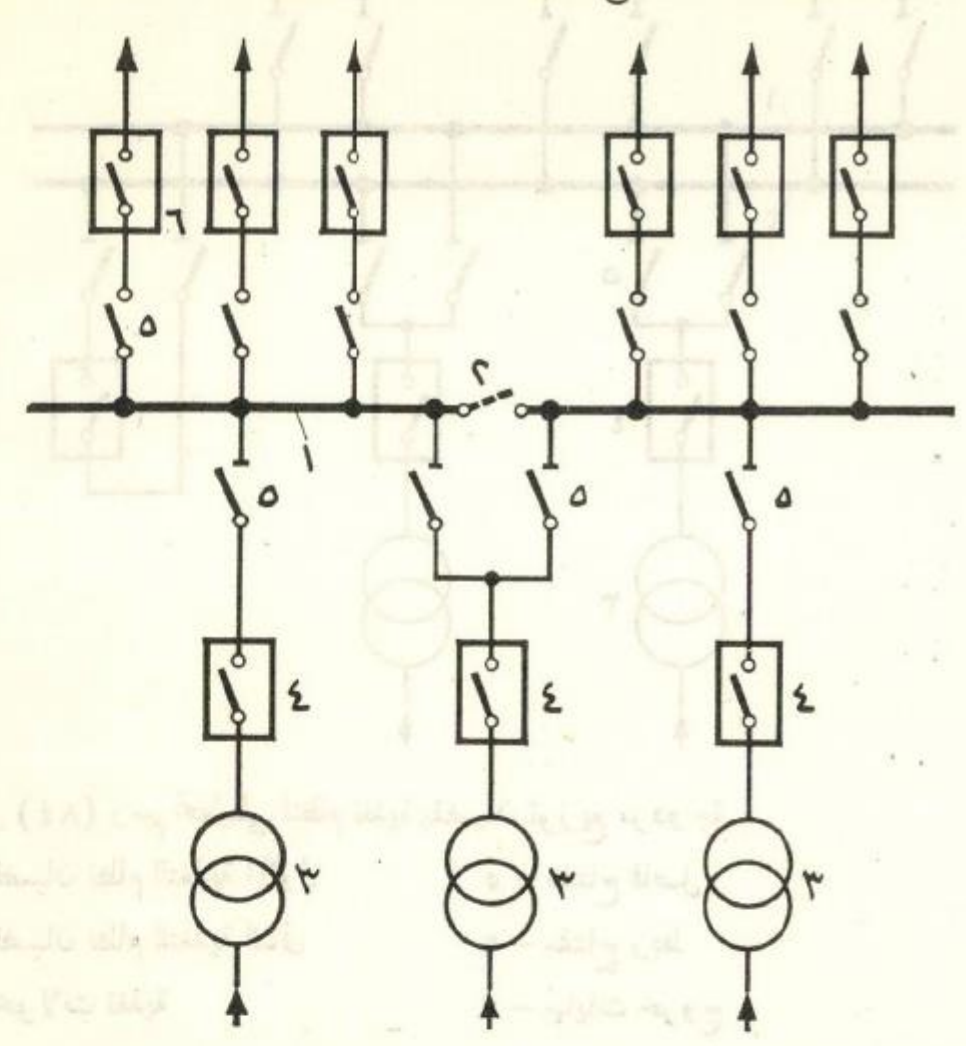
يبين شكل (٨٣) تمثيلا تخطيطياً لنظام القضبان الوحيدة ، ويتميز هذا النظام بانخفاض تكاليف تصنيعه وإنشائه ، إلا أن له عيوباً خطيرة ، أهمها انقطاع التيار عن الكثير من الأحمال أو عن كل الأحمال المتصلة بها إذا ما حدث أى خطر أو خطأ فى هذه القضبان الوحيدة .

كما أن العناية بهذه القضبان وصيانتها لا تتم إلا فى الأوقات التى تكون فيها الأحمال أقل ما يمكن . وفى هذه الحالة تفصل الأحمال المتصلة بهذه القضبان ، ويزود المستهلكون بالطاقة الكهربائية اللازمة لهم أثناء عملية الصيانة بواسطة محطة توليد صغيرة .

(ب) نظام التوزيع بقضبان مزدوجة :

يبين شكل (٨٤) تمثيلا تخطيطياً لنظام القضبان المزدوجة ، وتكاليف إنشاء وتركيب هذا النظام أكبر بكثير من تكاليف إنشاء وتركيب النظام السابق (نظام القضبان الوحيدة) . ويتميز

هذا النظام بالأمان واستمرار الخدمة وكفاءة الأداء . كما أن عمليات صيانته والعناية به تتم بدقة كافية وفى أى وقت دون حاجة إلى اختيار وقت معين للقيام بها ، نظراً لوجود قضبان احتياطية يتم عن طريقها تزويد المستهلكين بالطاقة اللازمة . ويمكن فى هذا النظام وصل القضيبين ليعملا على التوازى ، أو فصلهما بواسطة مفاتيح قدرة مصممة لهذا الغرض .



الشكل (٨٣) رسم تخطيطى لنظام تغذية بقضبان توزيع وحيدة

١ – قضبان التوزيع ٤ – مفتاح قدرة

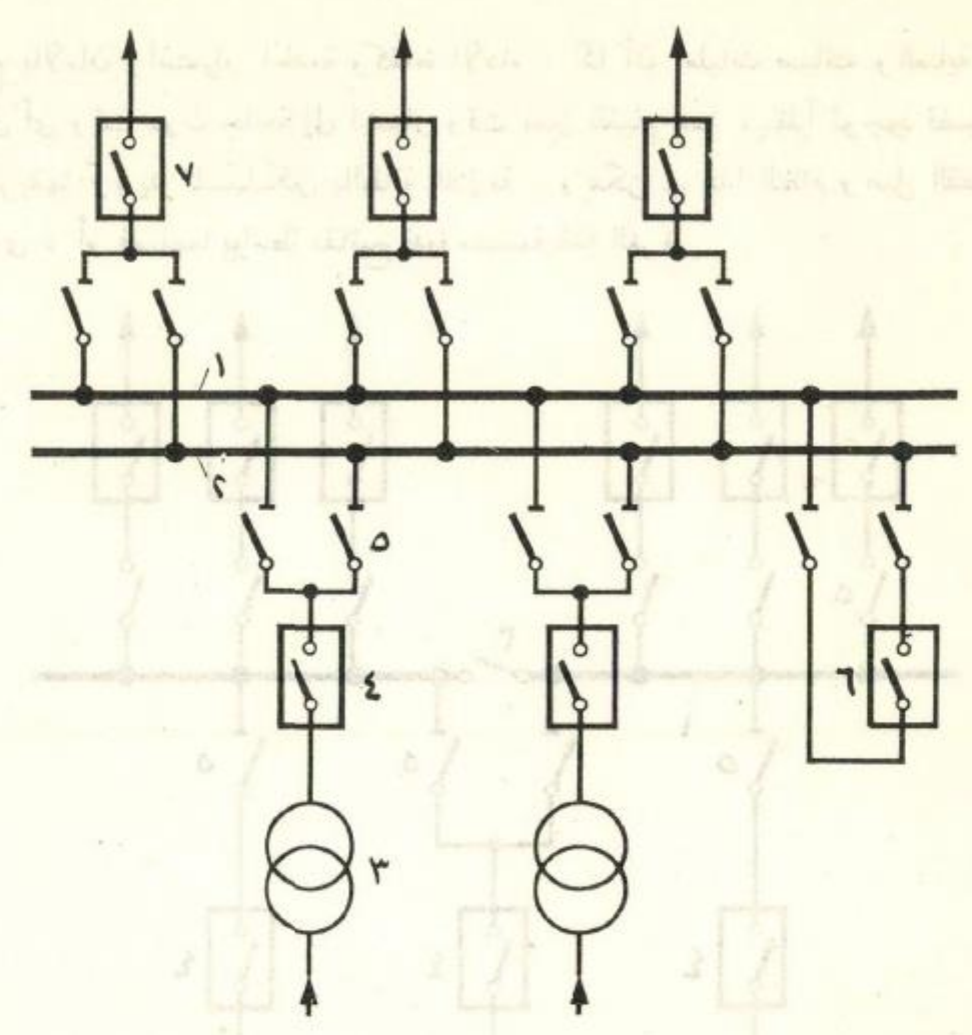
٢ – معدات قطع ووصل للتغذية فى الاتجاه الطويل ٥ – مفتاح فاصل

٣ – محولات تغذية ٦ – نهاية خروج

ويبين شكل (٨٥) رسماً تخطيطياً للتركيبات الخاصة بأجهزة القطع والوصل المستخدمة فى نظام القضبان المزدوجة لجهد عال .

(٣٥) مفاتيح الجهد العالى :

توجد عدة أنواع من المفاتيح المستخدمة فى قطع أو وصل التيار فى الجهد العالى . وفيما يلى وصف لأهم أنواع هذه المفاتيح .



الشكل (٨٤) رسم تخطيطى لنظام تغذية بقضبان توزيع مزدوجة

١ – قضبان نظام التغذية الأول
٢ – قضبان نظام التغذية الثانى
٣ – محولات تغذية
٥ – مفتاح فاصل
٦ – مفتاح ربط
٧ – نهايات خروج

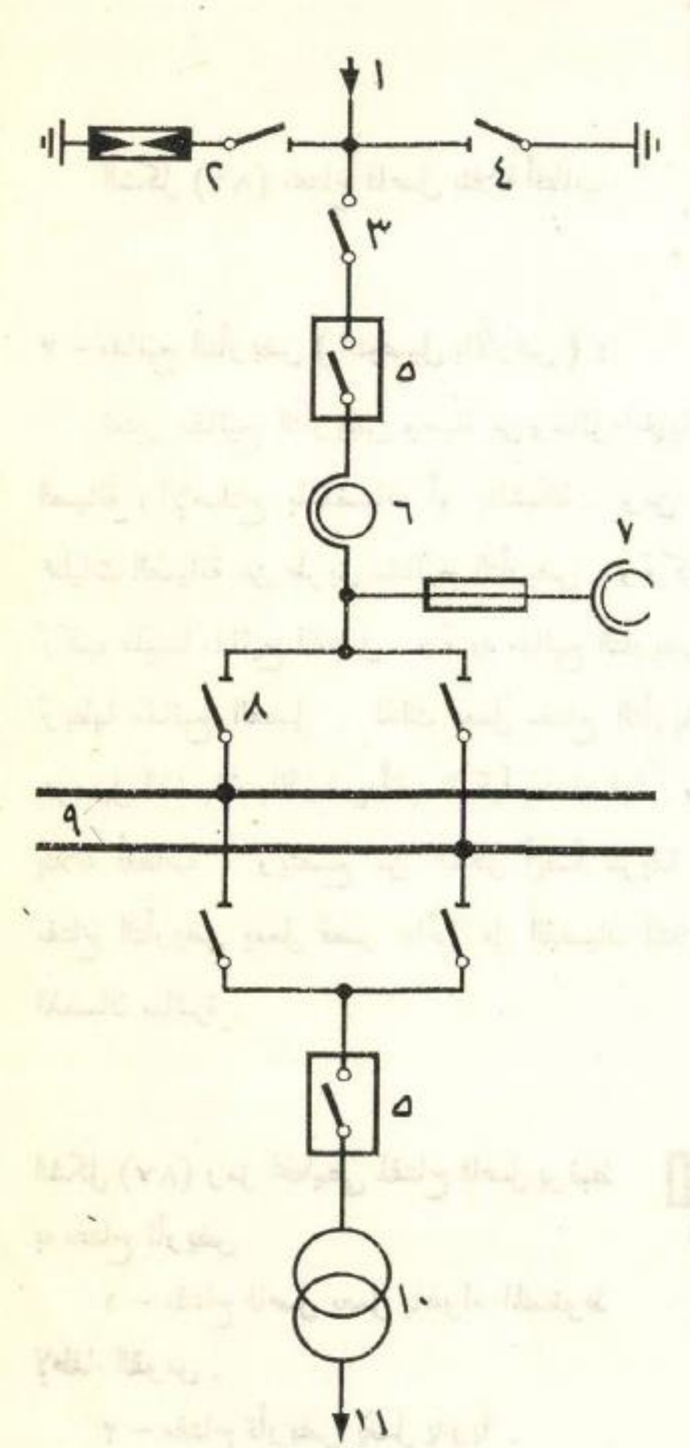
١ – خوص الفصل :

هى أجزاء موصلة يمكن نزعها أو سحبها من القضبان لقطع التيار . ولا يمكن رفع هذه الأجزاء أو تركيبها فى مكانها إلا إذا كانت القضبان غير مكهربة ، أى إذا كانت جميع المعدات والأحمال مفصولة عن القضبان . وتستخدم خوص الفصل فقط فى الحالات التى لا تسمح فيها التركيبات من حيث المساحة أو الفراغ باستخدام مفاتيح القدرة التى سيأتى شرحها فيما بعد .

٢ – مفاتيح الفصل أو سكاكين العزل :

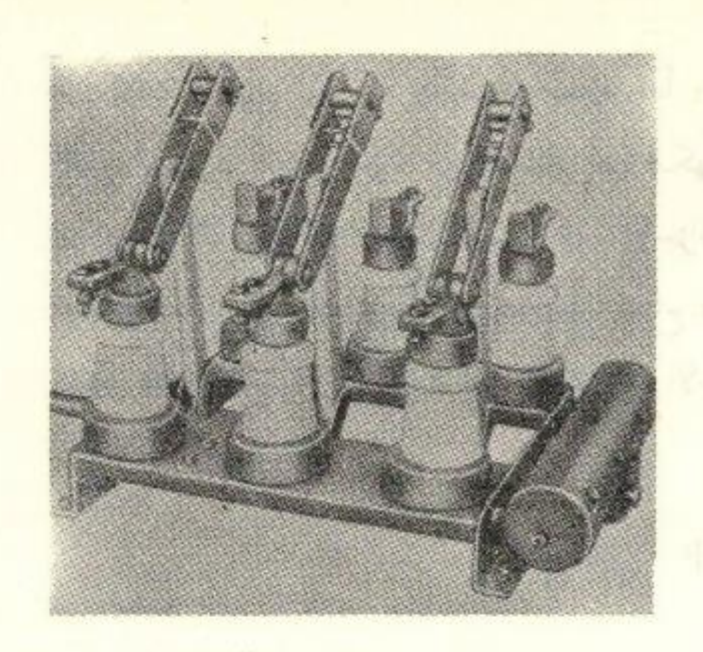
تصمم مفاتيح الفصل فى الجهد العالى لتركب على القضبان داخل الإنشاءات ، وهى لا تختلف كثيراً عن خوص الفصل . ويجب ألا تعمل هذه المفاتيح إلا إذا كانت جميع الأحمال مفصولة

أو كانت الأحمال الموصلة بالقضبان صغيرة جداً . وتستخدم مفاتيح الفصل (سكاكين العزل) لقطع أو عزل أجزاء معينة من القضبان عن الكهرباء لتضمن عدم وجود أى احتمال للخطر من الكهرباء أثناء إجراء عمليات الصيانة بهذه الأجزاء . ويبين شكل (٨٦) مفتاحاً للفصل بثلاثة أقطاب يعمل بالهواء المضغوط . ويعمل هذا المفتاح على محول بتيار مقنن ١٠٠٠ أمبير ، (ولا يتم تشغيل هذا المفتاح إلا إذا كانت الدائرة مفتوحة والأحمال مفصولة) .



الشكل (٨٥) تمثيل تخطيطى يبين الترتيب الأساسى لمعدات القطع والوصل المستخدمة فى الجهد العالى :

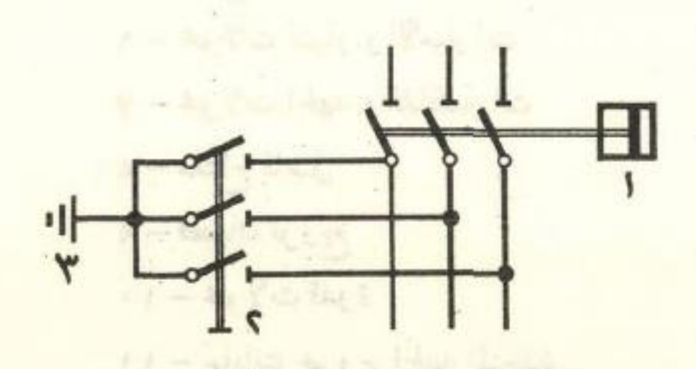
١ – دخول الجهد العالى
٢ – مانع الصواعق والتمور
٣ – مفتاح فاصل
٤ – مفتاح تأريض
٥ – مفتاح قدرة
٦ – محولات التيار والأميترات
٧ – محولات الجهد والفلطمترات
٨ – مفتاح فاصل
٩ – قضبان توزيع
١٠ – محولات قدرة
١١ – نهايات خروج الجهد المنخفض



الشكل (٨٦) مفتاح فاصل بثلاثة أقطاب

٣ – مفاتيح التأريض (التوصيل بالأرض) :

تعتبر مفاتيح التأريض وسيلة من وسائل الحماية والأمان التي يجب توافرها أثناء إجراء عمليات الصيانة والإصلاح بالقضبان أو بالشبكة . ومن المفضل دائماً توصيل القضبان بالأرض أثناء عمليات الصيانة عن طريق مفاتيح التأريض . وتركب مفاتيح التأريض عادة على نفس القاعدة التي تركب عليها مفاتيح الفصل . وتزود مفاتيح التأريض بمرتاج (ترباس) أو بوسيلة ربط ميكانيكية تربطها مفاتيح الفصل . لذلك يعمل مفتاح التأريض على التوالى مع مفتاح الفصل ، أى يقوم بتوصيل القضبان بالأرض أتوماتيكياً بعد فصلها . ويبين شكل (٨٧) رسماً تخطيطياً لمفتاح تأريض بثلاثة أقطاب ، ويتضح من الشكل أيضاً طريقة ربطه بمفتاح الفصل وطريقة عمله . ويقوم مفتاح التأريض بعمل قصر دائرة على القضبان الثلاثة وتوصيلها بالأرض أوتوماتيكياً بعد فصل القضبان مباشرة .

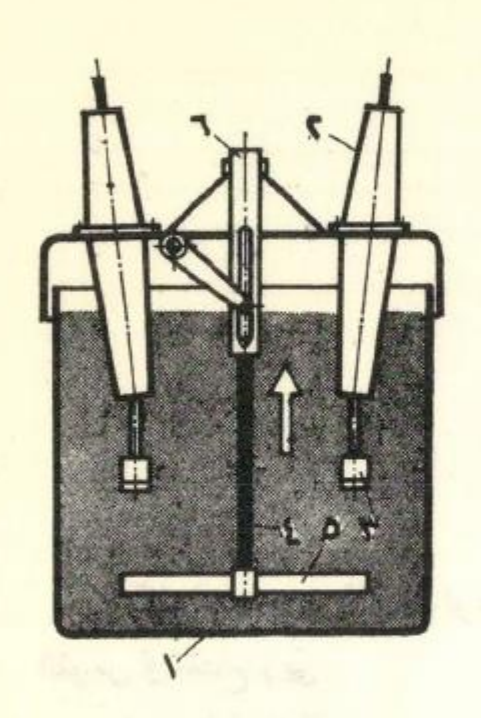


الشكل (٨٧) رمز تخطيطى لمفتاح فاصل يرتبط به مفتاح تأريض

١ – مفتاح فاصل يعمل بالهواء المضغوط لإطفاء القوس .

٢ – مفتاح تأريض يعمل يدويا .

٣ – توصيلة بالأرض (لربط المفتاح بأرض رطبة)



شكل (٨٨) رسم تخطيطى لمفتاح زيتى
١ — خزان الزيت .
٢ — جلب عازلة
٣ — قطع التلامس .
٤ — قضيب معزول .
٥ — شريحة التلامس (لتوصيل قطع التلامس وفصلها).
٦ — المقبض المستخدم فى عملية القطع و الوصل .

٤ — مفاتيح القدرة (معدات القطع والوصل) :

تعتبر مفاتيح القدرة أو معدات القطع والوصل أهم أجهزة التحكم فى الجهد العالى . ويراعى عند تصميم مفاتيح القدرة المستخدمة فى الجهد العالى أن تكون لهـا قدرة كبيرة على ما يلى :

(ا) قطع ووصل أى تيار تشغيل مهما كانت شدته بمنتهى السرعة والأمان .

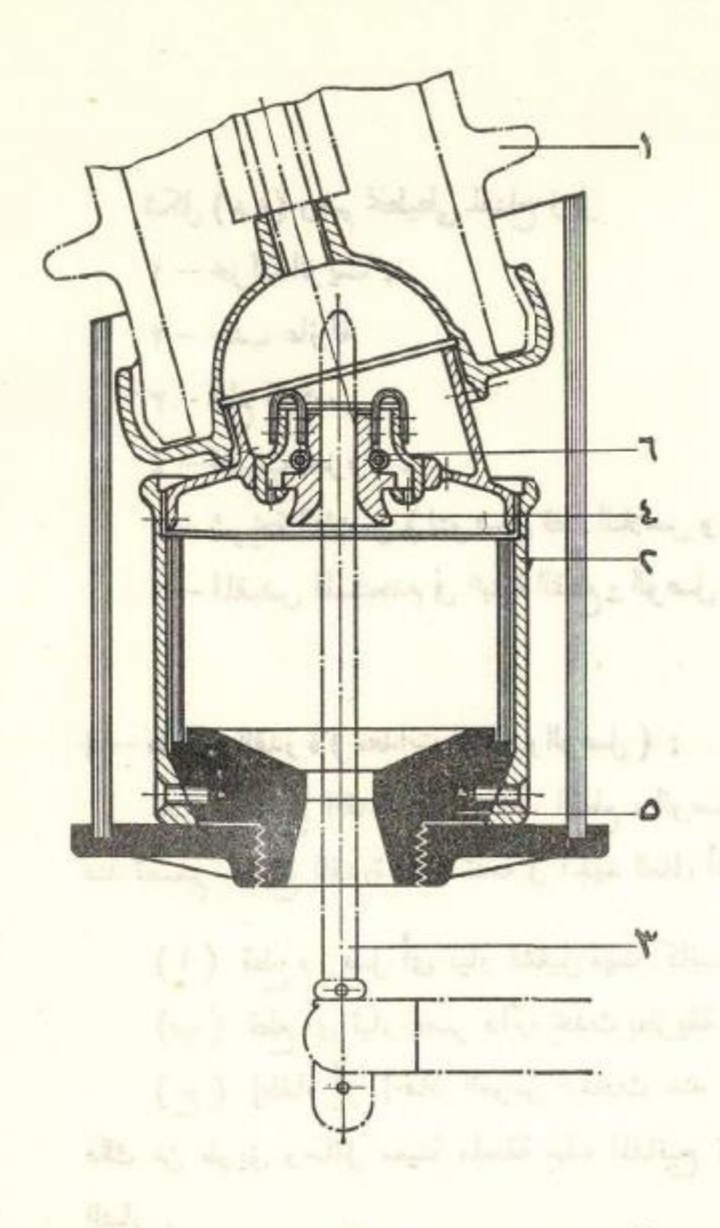
(ب) قطع أى تيار قصر دائرة يحدث بطريقة فجائية فى الدائرة .

(ج) إطفاء أو إخماد القوس الحادث عند انفصال الملامسات، أى عند قطع التيار ، ويتم ذلك عن طريق وسائل معينة ملحقة بهذه المفاتيح تقوم بإخماد أو إطفاء القوس المتكون عند قطع التيار .

وتقسم مفاتيح القدرة بالنسبة للوسط المستخدم لإطفاء القوس إلى :
١ — مفاتيح قدرة بالزيت .
٢ — مفاتيح قدرة باندفاع الغاز .
٣ — مفاتيح قدرة بتمدد الغاز أو السائل .

ويبين شكل (٨٨) رسماً تخطيطياً لأحد مفاتيح القدرة التى تعمل بالزيت ، وبالرغم من أن هذا التصميم قديم إلا أنه ملائم لتوضيح الكيفية التى يعمل على أساسهـا مثل هذا النوع من المفاتيح . ويبين شكل (٨٩) رسماً تخطيطياً لمفتاح زيتى حديث بوعاء إطفاء ، ويتميز هذا المفتاح من الناحية العملية بعدم احتمال حدوث انفجار به .

يبين شكل (٩٠) تمثيلا تخطيطياً لحجرة التمدد فى إحدى معدات القطع والوصل بتمدد الغاز أو السائل . وفيهـا يستخدم المـاء كوسيلة من وسائل إطفاء القوس . وهذه المفاتيح تتميز أيضاً بقلة احتمال حدوث أى انفجار بهـا .



شكل (٨٩) رسم تخطيطى لوعاء إخماد القوس فى مفتاح زيتى

١ – جلبة عازلة

٢ – اسطوانة الانفجار المعدنية .

٣ – بنز التلامس (لتوصيل قطع التلامس) وفصلها .

٤ – قطع التلامس القابلة للانضغاط

٥ – غطاء وعاء إخماد القوس

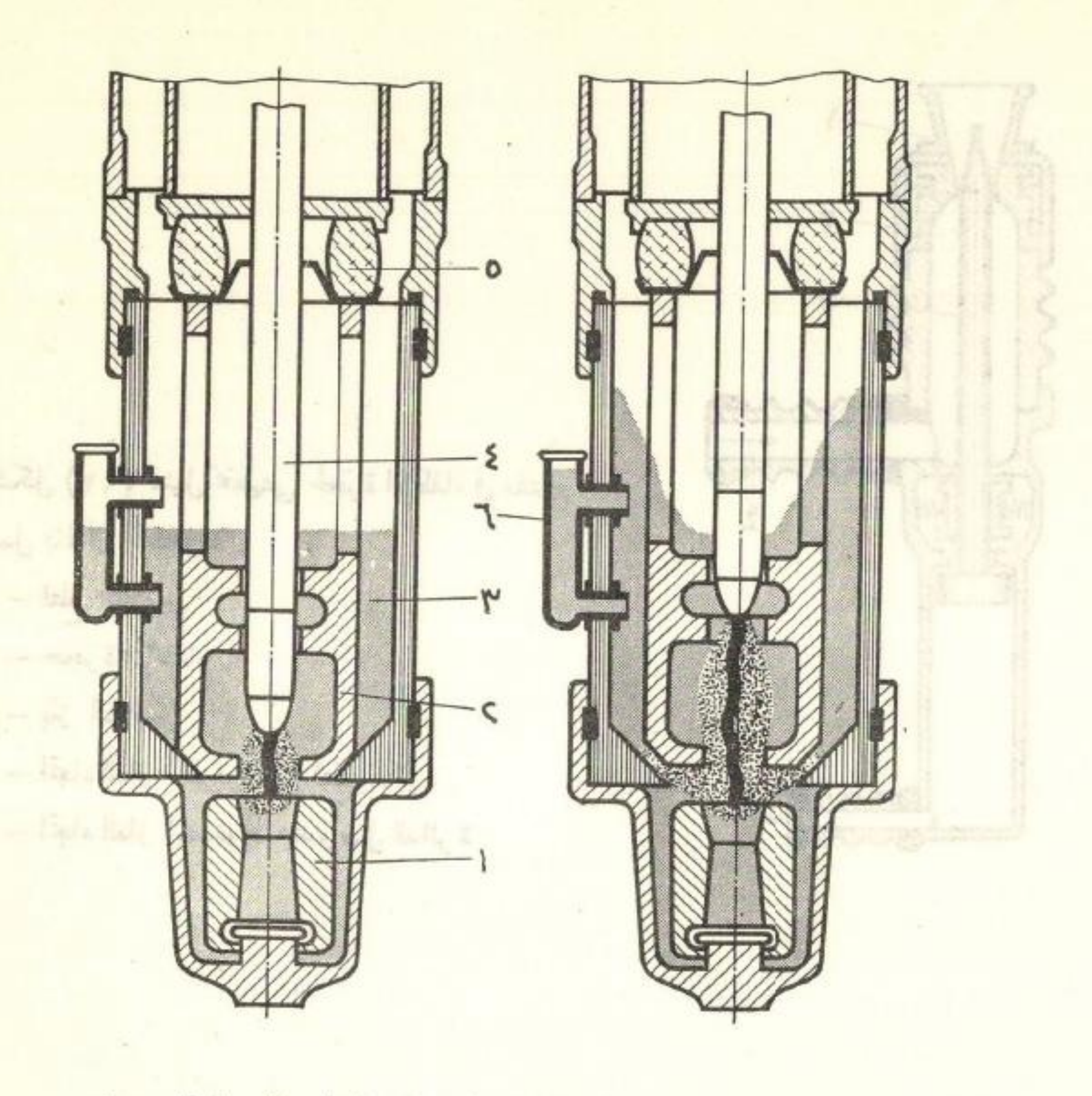
٦ – خزان الزيت .

ويبين شكل (٩١) تمثيلا تخطيطياً لحجرة إطفاء فى أحد مفاتيح القدرة باندفاع الغاز التى يستخدم فيها الهواء المضغوط كوسيلة من وسائل إطفاء الشرارة أو القوس ، وفى مثل هذه الأنواع تقوم المفاتيح تلقائياً بإطلاق الهواء المضغوط لإطفاء القوس .

وتبين الأشكال من (٩٢) إلى (٩٤) عدة تصميمات مختلفة لأنواع مفاتيح القدرة التى سبق شرحها .

(٣٦) مصاهر الجهد العالى :

تعرف مصاهر بأنها وسائل لحماية التركيبات ، والأدوات ، والمعدات الكهربائية أو أى عنصر من عناصر الدائرة الكهربائية ، من التيارات الزائدة أو تيارات قصر الدائرة . وتستخدم مصاهر الجهد العالى (أو مصاهر القدرة العالية) أساساً كوسيلة من وسائل حماية التركيبات والمعدات الكهربائية من تيار قصر الدائرة . وتستخدم المصاهر خاصة فى الجهد العالى كبديل لمفاتيح القدرة إذا كان الحيز الذى توجد به التركيبات ضيقاً بحيث لا يسمح بتركيب معدات القطع والوصل التى سبق ذكرها .



الشكل (٩٠) رسم تخطيطى يبين وعاء الإخماد فى معدات القطع والوصل التمددية .

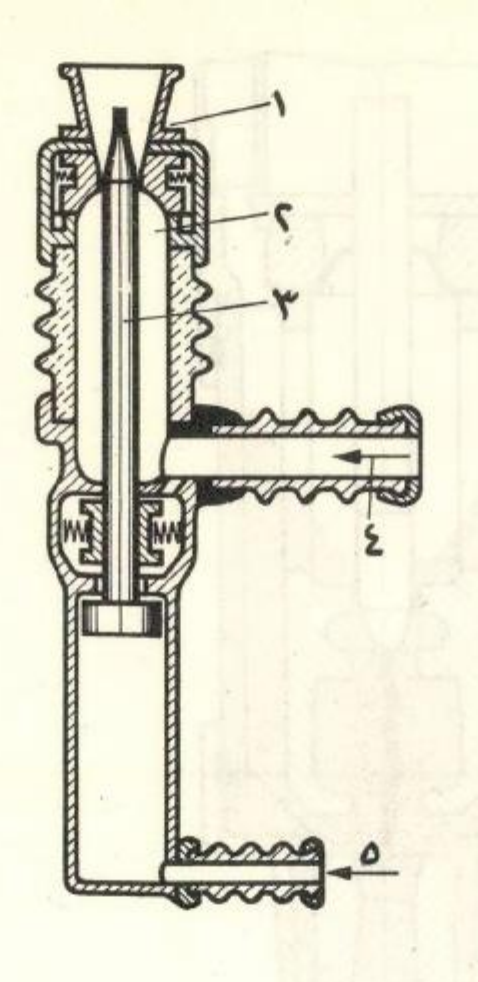
١ – حجرة التلامس
٢ – وعاء إخماد القوس
٣ – حجرة التكثيف
٤ – بنز التلامس
٥ – حلقة قابلة للانضغاط
٦ – مبين مستوى السائل

وهناك نوعان من المصاهر المستخدمة فى الجهد العالى هما :

(ا) مصاهر لها طاقة بيان منخفضة .

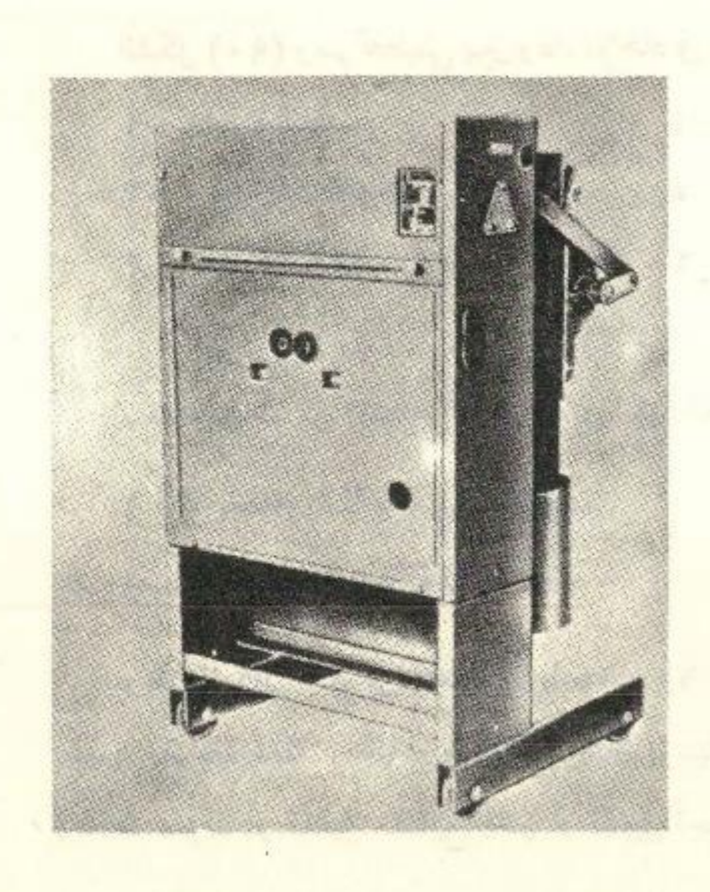
(ب) مصاهر لها طاقة بيان عالية .

وطريقة عمل كل من المصهرين واحدة ، إلا أن المصهر الأول مزود بوسيلة لبيان انصهار عنصره بطريقة سهلة ، بينما يزود المصهر الثانى بوسيلة لبيان نصهار العنصر بطريقة قوية ، مثل إحداث صوت أو تشغيل مصابيح إشارة أو تشغيل أجهزة إنذار بمجرد انصهار العنصر .

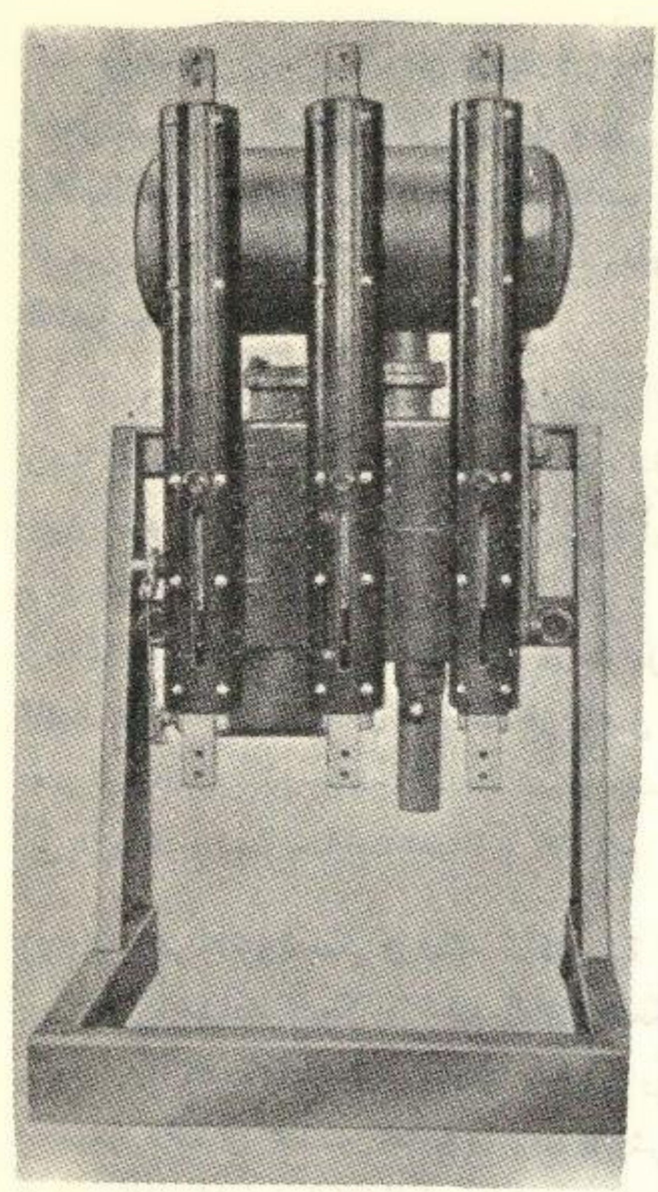


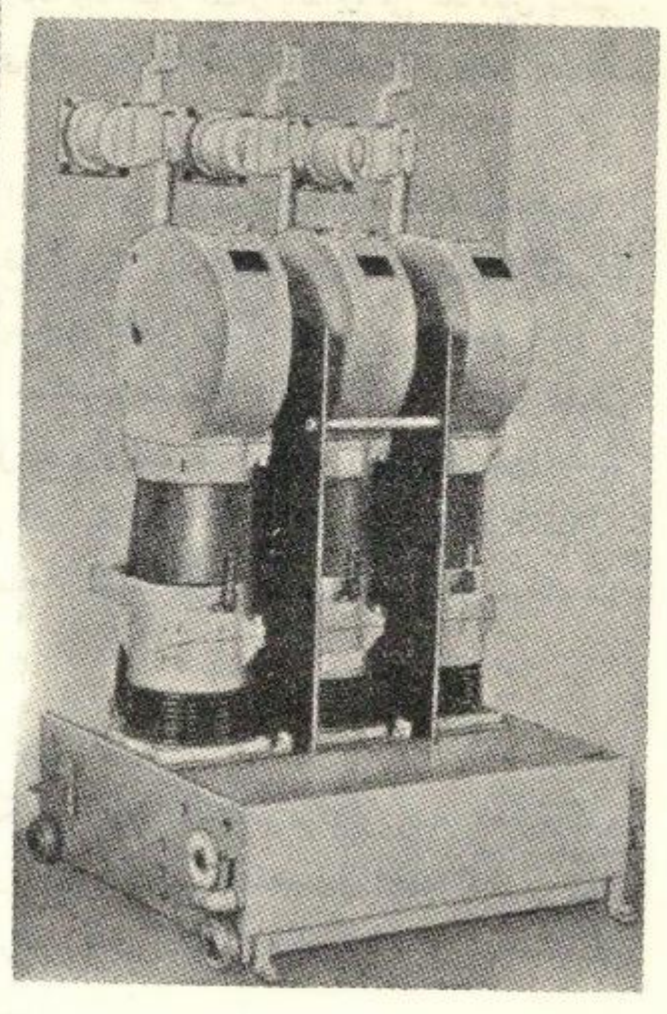
الشكل (٩١) تمثيل تخطيطى لحجرة الإطفاء فى مفتاح قدرة يعمل بالغاز المضغوط .

١ – قطع التلامس
٢ – حجرة الإطفاء
٣ – بنز التلامس
٤ – اتجاه الغاز المضغوط عند قطع الدائرة
٥ – اتجاه الغاز المضغوط عند وصل الدائرة



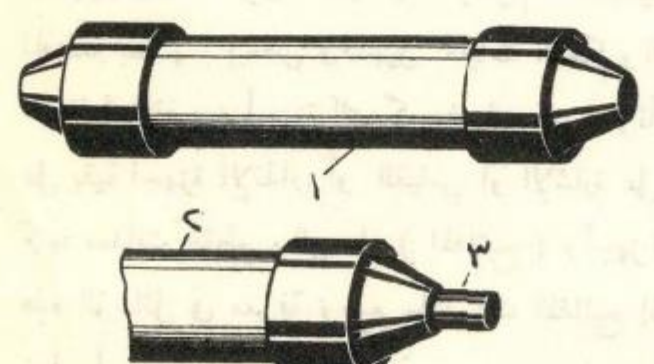
الشكل (٩٢) قاطع دائرة (مفتاح) بملامسات فى الزيت





الشكل (٩٣) قاطع دائرة (مفتاح قدرة) (به معدات تعمل على تمدد القوس لتسهيل إطفائه)

الشكل (٩٤) قاطع دائرة (مفتاح قدرة) يعمل بالغاز المضغوط



الشكل (٩٥) مصهر جهد عال ذو سعة قطع كبيرة ، ومزود بوسيلة لبيان الوضع لها طاقة تشغيل عالية .

١ – المصهر – قبل انصهار العنصر
٢ – المصهر – بعد انصهار العنصر
٣ – مسمار يبرز بقوة بمجرد انصهار العنصر

ويتلخص التصميم الأساسى لوسيلة البيان المستخدمة فى المصهر الأول فى وضع عنصر المصهر داخل أنبوب من الصينى ، ويوجد على واجهتى الأنبوب غطاءان معدنيان . ويثبت الغطاءان فى مكانهما بواسطة سلك زنبركى ملحوم بعنصر المصهر. فإذا زاد التيار المـار بالدائرة على حد معين ينصهر العنصر وينطلق السلك الزنبركى ويدفع أمامه إحدى اللوحتين فتسقط ، وبذلك يمكن بيان انصهـار العنصر بطريقة سهلة .

أما فى النوع الثانى من المصاهر فيوضع عنصر المصهر ، فى أنبوب محكم تماماً ويملأ بمادة متفجرة . وعند انصهـار العنصر تنفجر هذه المـادة وتدفع أمامها إبرة تخرج من أحد جوانب الأنبوب لتبين انصهـار العنصر . وتستخدم هذه الإبرة أيضاً فى تشغيل وسيلة إنذار أو مصابيح إشارة ، ومن هنا أطلق على هذا النوع من المصاهر اسم « مصاهر ذات طاقة بيان عالية » ، انظر الشكل (٩٥) . وتثبت ممصاهر الجهد العالى فى حوامل ، وتركب هذه الحوامل على إطار من الحديد المثبت على قوائم عازلة ، وتقوم المصاهر بالعمل الذى يقوم به مفتاح القطع أو خوصة الفصل . فعند نزع المصهر من حامله ، أو عند انصهار وصلته ، تقطع الكهرباء عن القضبان أو التركيبات التى يلزم القيام فيهـا بعمليات الصيانة أو الإصلاح .

(٣٧) الإشراف والتحكم فى الطاقة الكهربائية بجهد عال :

تتأثر عمليات التحكم فى الجهد العالى بالتحكم فى الجهد المنخفض وتؤثر فيـه ، وتركب جميع أجهزة التحكم و لإشارة والإنذار والقياس وأجهزة التسجيل المستخدمة فى الجهد العالى والجهد المنخفض عادة فى محطات المفاتيح . وفيما يلى شرح لبعض المفاتيح وأجهزة البيان المستخدمة فى التحكم والإشراف على الطاقة الكهربائية بجهد عال .

١ – محطات المفاتيح :

تزود محطات المفاتيح بلوحات أو مناضد يركب بهـا جميع أجهزة القياس والتحكم والإشارة والإنذار ، كما يركب بهـا المفاتيح التى تقوم بتشغيل كل هذه الأجهزة والمعدات بطريقة مبسطة وواضحة . وتزود هذه اللوحات برسوم تخطيطية مبسطة تبين صلة كل دائرة كهربائية بالدوائر الكهربائية الأخرى . وتفيد الرسوم التخطيطية فى معرفة كيفية توصيل الدوائر الكهربائية المختلفة بعضهـا ببعض وتسهيل عمليات التحكم والصيانة والإصلاح اللازمة . كما يمكن بواسطتهـا معرفة العلاقة بين أجهزة التحكم بعضها ببعض ، وتأثير تشغيل أى مفتاح أو جهاز من أجهزة التحكم على بقية أجهزة الإنذار أو القياس أو الإشارة على أى معدات أخرى . ولنفس الأغراض السابقة تزود معدات القطع والوصل (المفاتيح) وأجهزة التحكم بوسائل لبيان أوضاع تشغيلها ، تفيد هذه الوسائل فى معرفة وضع ملامسات المفاتيح إذا كانت مقفلة أو مفتوحة أو إذا كان هناك خطر أو خطأ بالأجهزة المختلفة .

٢ – وسائل بيان أوضاع تشغيل المفاتيح :

يوجد الكثير من وسائل بيان أوضاع تشغيل المفاتيح وأجهزة التحكم التى تفيد فى معرفة حالة الدوائر الكهربائية لتسهيل الإشراف عليها ومراقبتها لمعرفة ما إذا كانت مفتوحة أم مغلقة . وتنقسم وسائل البيان التى تزود بهـا المفاتيح عادة إلى :

(ا) وسائل بيان ضوئية .

(ب) وسائل بيان ميكانيكية .

(ج) وسائل بيان مزدوجة .

(د) وسائل بيان مسموعة .

ومن وسائل البيان الضوئية مصابيح الإشارة ، والتى يطلق عليهـا المبينات المرئية لأوضاع تشغيل المفاتيح . ومن وسائل البيان المسموعة النفير ، والجرس ، والصفارة . . . إلخ .

(أ) وسائل البيان الضوئية (مصابيح الإشارة) :

توضع مصابيح البيان عادة فى لوحات التوزيع لتبين ظروف أو أوضاع تشغيل الأجهزة والمفاتيح المستخدمة فى عمليات التحكم ، ويجب أن تكون زجاجة هذه المصابيح بارزة وظاهرة فوق سطح المنضدة أو لوحة التوزيع حتى يمكن رؤيتهـا . وتطلى زجاجة مصابيح البيان عادة بألوان مختلفة ، ويدل كل لون من الألوان المستخدمة فى طلاء مصابيح البيان على وضع معين من أوضاع التشغيل للمفتاح . فيدل اللون الأبيض مثلا على أن المفتاح أو الجهاز أو الدائرة فى حالة تشغيل . ويدل اللون الأخضر على أن المفتاح (الجهاز) سليم ومعد للتشغيل . أما اللون الأحمر فيدل على أن المفتاح أو الجهاز لا يعمل وأن هناك خطأ فى الدائرة التى يعمل عليهـا الجهاز . وبذلك يمكن للقائم على عمليات التحكم معرفة الحالة التى تكون عليهـا المعدات أو الدوائر الكهربائية أو شبكات التوزيع التى يقوم بمراقبتهـا والتحكم فيهـا .

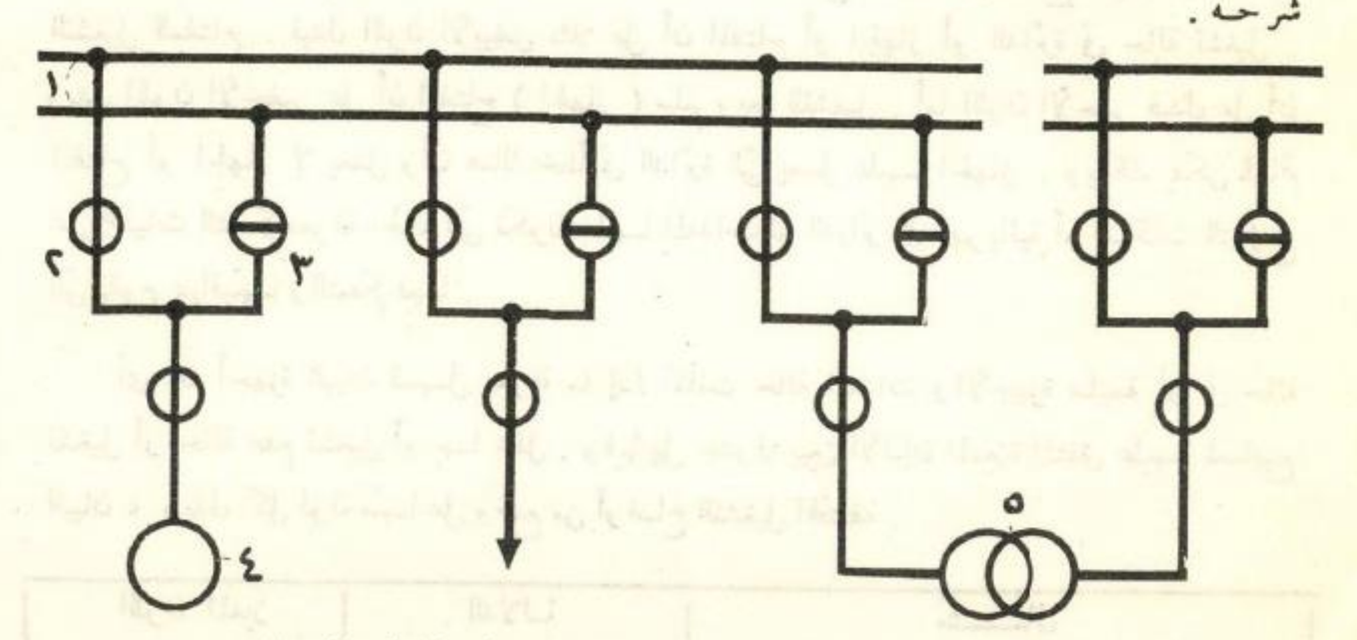
أى أن أجهزة البيان تسهـل معرفة ما إذا كانت حالة المعدات والأجهزة سليمة أو فى حالة تشغيل أو حالة عدم تشغيل أو بهـا خلل . وفيما يلى جدول يبين الألوان المميزة المتفق عليهـا لمصابيح البيان ، ويدل كل لون منهـا على وضع من أوضاع التشغيل المختلفة .

اللون المميز	الدلالـة	مثـــال
أحمـــر	خطـــر	سقوط أحد المولـدات
أخـضر	عدم وجود أى خطر	التركيبات والأجهزة سليمة ومعدة للتشغيل .
أبيـض	حالة تشغيل	أن المولدات تقوم بالتوليد وفى حالة سليمة.

(ب) وسائل البيان الميكانيكية :

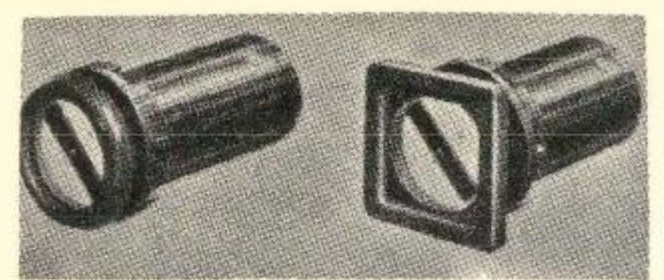
وسائل تستخدم لبيان أوضاع التشغيل المختلفة ، مثل وضع « شغال » (أى يبين حالة التشغيل) ، أو وضع « بطال » (أى وضع عدم تشغيل) ، أو وضع « خطر » (وجود اضطراب أو خلل) وتستخدم هذه الوسائل عادة مع المفاتيح لبيان أوضاع التشغيل المختلفة . ويبين شكل (٩٧) أحد المفاتيح التى تستخدم فيها وسيلة ميكانيكية لبيان أوضاع التشغيل العادية ، وهى فى هذه الحالة عبارة عن قضيب أسود مرسوم فى مركز لوحة معدنية بيضاء مستديرة ، وهذه اللوحة مثبتة على السطح الخارجى الظاهر للمفتاح ، وتثبت اللوحة بالعضو الدوار للمفتاح ، بطريقة معينة ، بحيث يأخذ القضيب الوضع الأفقى عند تحريك المفتاح لقفل الدائرة. وفى حالة فتح الدائرة يحرك العضو الدوار للمفتاح فيأخذ القضيب الوضع الرأسى . وفى حالة وجود أى عطل فإن القضيب يأخذ الوضع المائل .

وتزود مثل هذه المفاتيح بمغنطيسين كهربائيين ، بحيث يمر تيار كهربائى فى أحدهما عند قفل الدائرة فيدير العضو الدوار ، وفى هذة الحالة يأخذ القضيب الأسود الوضع الأفقى . أما فى حالة الوضع « بطال » فتنفصل الكهرباء عن ملف المغنطيس الأول ، ويغذى ملف المغنطيس الآخر بالتيار الكهربائى فيجذب العضو الدوار ليفصل الدائرة ، وفى هذا الوضع يأخذ القضيب الأسود المرسوم على سطح المفتاح الوضع الرأسى . أما إذا كان هناك عطل كهربائى أدى إلى قطع الكهرباء عن الدائرة ، وبالتالى عن المغنطيسين ، فإن العضو الدوار للمفتاح يأخذ وضعاً يميل ٤٥° على المحورين الرأسى والأفقى ، لأن المفتاح مزود بزنبرك يضمن وضع العضو الدوار فى هذا الاتجاه عند حدوث عطل كهربائى . ويبين شكل (٩٦) رسماً تخطيطياً لوضع مثل هذه المفاتيح فى الدائرة . أما شكل (٩٨) فيبين الاحتمالات المختلفة لأوضاع المفتاح التى تناظر أوضاع التشغيل المختلفة كما سبق شرحه .

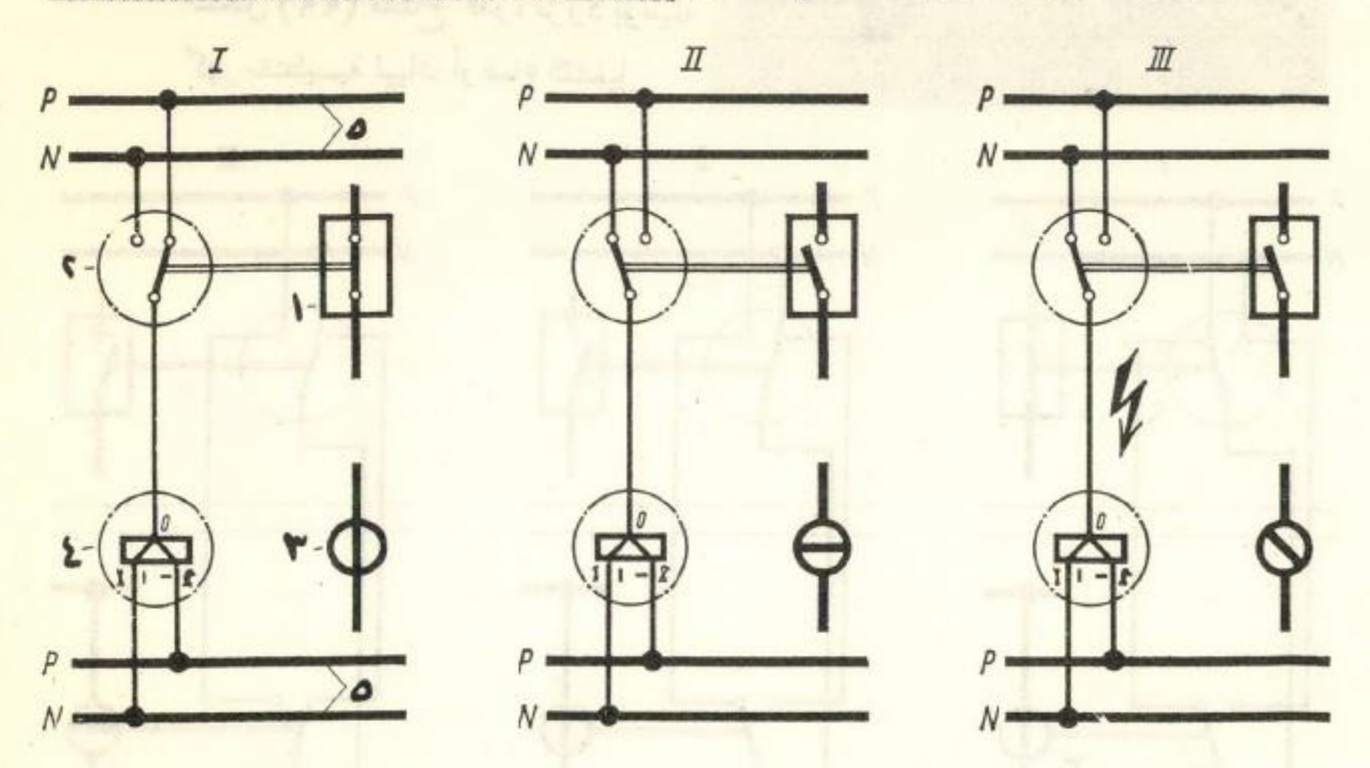


الشكل (٩٦) رسم تخطيطى لوسائل البيان المستخدمة فى معدات القطع والوصل

١ — قضبان توزيع
٢ — مبين يدل على أن دائرة التيار مغلقة
٣ — مبين يدل على أن دائرة التيار مفتوحة
٤ — المولد
٥ — المحول



الشكل (٩٧) مفتاح مزود بمبين لأوضاع التشغيل



الشكل (٩٨) رسم تخطيطى لمفتاح قدرة مزود بوسيلة كهرمغنطيسية لبيان أوضاع التشغيل
١ – مفتاح القدرة
٢ – مفتاح تحكم لتشغيل مبين أوضاع التشغيل .
٣ – مبين أوضاع التشغيل الكهرمغنطيسى
٤ – رسم تخطيطى لدائرة توصيل المبين .
٥ – مصدر للتيار المستمر .

الوضع الأول :

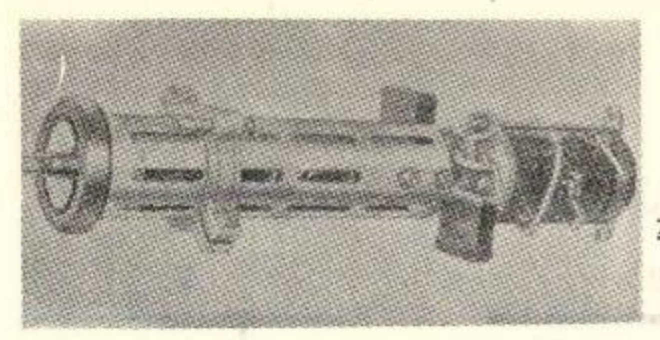
فى هذا الوضع يقوم المفتاح بغلق الدائرة . ويأخذ مفتاح التحكم وضعا معينا بحيث يمر التيار المستمر خلال المغنطيس الكهربائى لمبين أوضاع التشغيل من (P) إلى (O) إلى (١) إلى (N) وبذلك يأخذ مبين أوضاع التشغيل الوضع الرأسى .

الوضع الثانى :

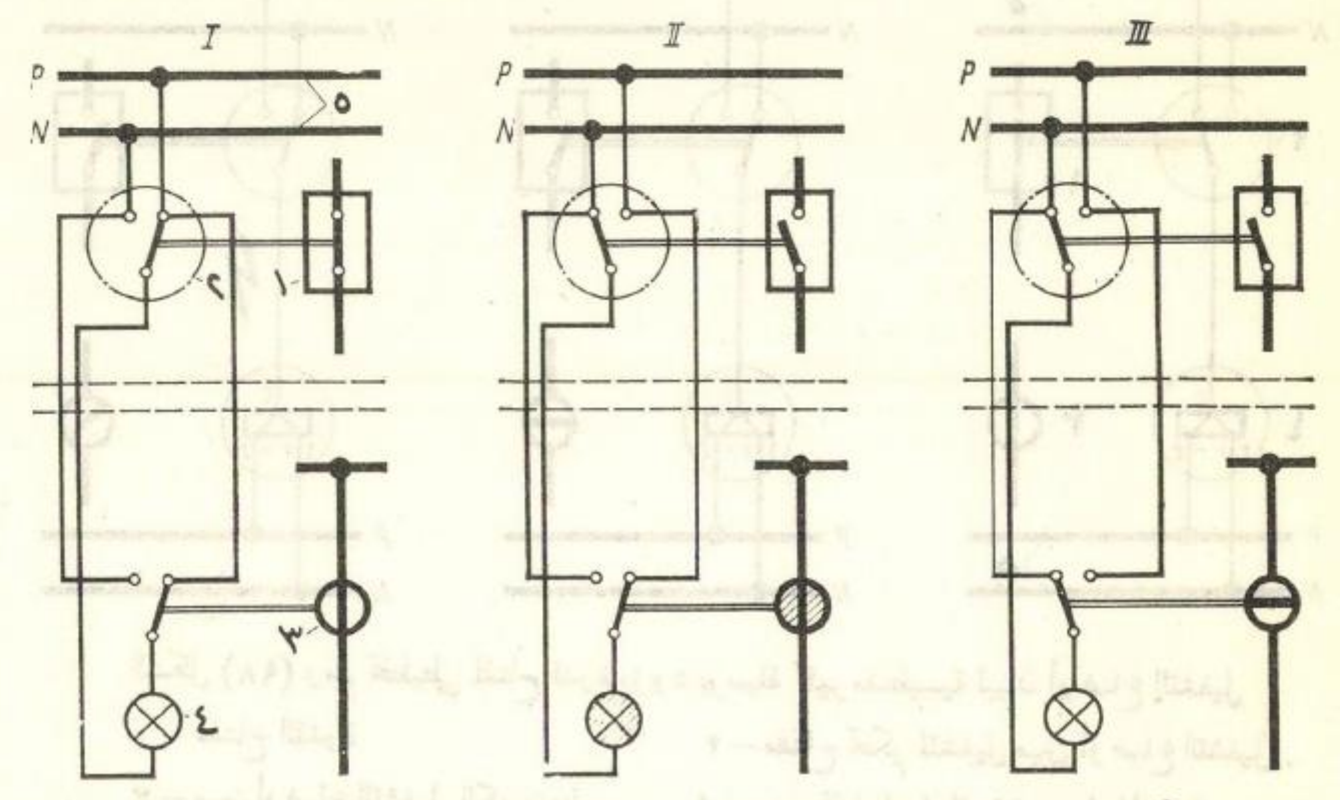
فى هذا الوضع يقوم المفتاح بفتح الدائرة . ويأخذ مفتاح التحكم وضعا معينا بحيث يمر التيار المستمر خلال المغنطيس الكهربائى لمبين أوضاع التشغيل فى اتجاه عكس الاتجاه السابق فيمر من (P) إلى (٢) إلى (O) إلى (N) وبذلك يأخذ مبين أوضاع التشغيل الوضع الأفقى .

الوضع الثالث :

هذا الوضع يدل على حدوث عطل بالدائرة ، ولذلك لا يمر تيار المغنطيس الكهربائى فيدفع الياى العضو الدوار للمبين بحيث يأخذ وضعا مائلا بزاوية ٤٥°



الشكل (٩٩) مفتاح قدرة مزود بوسيلة كهرمغنطيسية لبيان أوضاع التشغيل



الشكل (١٠٠) رسم تخطيطى لمفتاح قدرة مزود بوسيلتين من وسائل البيان .
١ – مفتاح القدرة . ٢ – مفتاح تحكم يرتبط عمله بمفتاح القدرة
٣ – مبين لأوضاع تشغيل المفتاح وهى مرسومة على مقبض المفتاح (وسيلة البيان الأولى)
٤ – مصباح بيان (وسيلة البيان الثانية) . ٥ – مصدر للتيار المستمر .

الوضع الأول :

فى هذا الوضع يقوم مفتاح القدرة بغلق الدائرة . وفى هذا الوضع تدل وسيلة البيان الأولى (المرسومة على مقبض المفتاح) على أن الدائرة مغلقة حيث تأخذ الوضع الرأسى . وفى نفس الوقت تدل وسيلة البيان الثانية (مصباح البيان) على أن المفتاح فى وضع التشغيل فتضىء باللون الأبيض .

الوضع الثانى :

فى هذا الوضع يقوم مفتاح القدرة بفتح الدائرة . وتدل وسيلة البيان الأولى (المرسومة على مقبض تشغيل المفتاح) على أن الدائرة مفتوحة، حيث تأخذ الوضع الأفقى وفى نفس الوقت تدل وسيلة البيان الثانية أيضا (مصباح البيان) على أن الدائرة مفتوحة فتضىء باللون الأخضر .

الوضع الثالث :

هذا الوضع يدل على حدوث عطل بالدائرة. وتدل وسيلة البيان الأولى على أن الدائرة بها عطل (فتأخذ الوضع المائل) وفى نفس الوقت لا يضىء مصباح البيان (الوسيلة الثانية) .

وقد تستخدم مع المفاتيح وسائل بيان ضوئية بالإضافة إلى المبينات الميكانيكية لبيان أوضاع التشغيل . ويطلق على المفاتيح فى هذه الحالة اسم « مفاتيح بوسائل بيان مزدوجة » .

(ج) وسائل البيان المزدوجة :

فى هذه الحالة تزود المفاتيح بوسيلتين من وسائل بيان أوضاع التشغيل.ويبين شكل (٩٩) أحد المفاتيح من هذا النوع فيه وسيلة البيان الأولى ميكانيكية، وهى عبارة عن ذراع تشغيل يدل وضعها الأفقى على أن المفتاح « شغال »، ويدل وضعها الرأسى على أن المفتاح « بطال » ، ووضعها المائل على أن هناك عطل . أما وسيلة البيان الثانية فهى عبارة عن مصابيح إشارة (وسيلة بيان ضوئية) لبيان نفس هذه الأوضاع المختلفة.وقد تكون إحدى الوسيلتين موجودة فى نفس المكان المستخدم به المفتاح ، بينما تكون الوسيلة الأخرى فى مكان آخر يرتبط تشغيله بتشغيل هذه المفاتيح .ولذلك تستخدم مثل هذه المفاتيح فى المحطات التى يرتبط تشغيل كل منها بالأخرى . فإذا أخذ مفتاح ما مركب فى إحدى المحطات وضعاً معيناً من أوضاع التشغيل ، فإن هذا الوضع يظهر بوضوح فى المحطة الأخرى. وبهذه الكيفية يمكن معرفة وضع المفتاح والتحكم فيه من المحطات الأخرى إذا لزم الأمر . ويبين شكل (١٠٠) نوعاً من أنواع هذه المفاتيح .

(د) وسائل البيان المسموعة :

بالإضافة إلى وسائل البيان الضوئية والميكانيكية والمزدوجة فإنه توجد وسائل بيان مسموعة ذات تصميم يلائم أغراض التحكم والإشراف على الطاقة الكهربائية بجهد عال أو بجهد منخفض. ومن أمثلتها النفير ، والجرس ، والصفارة . وسيأتى شرح هذه الوسائل جميعاً فى هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية عند الكلام عن أجهزة تحويل الإشارات الكهربائية إلى إشارات مسموعة .

(ثانيا) وسائل التحكم فى الجهد المنخفض

(٣٨) عـــام :

تستخدم للتحكم فى الجهد المنخفض نفس العناصر والوسائل المستخدمة للتحكم فى الجهد العالى ، وتقوم هذه الوسائل أيضاً بالتحكم فى الكميات الكهربائية وفى قطع ووصل الدوائر الكهربائية فى الجهد المنخفض . ويختلف تصميم هذه الوسائل عن تصميم وسائل التحكم فى الجهد العالى ، حيث أن مقننات التيار أو الجهد فى وسائل تحكم الجهد المنخفض أقل بكثير من تلك المستخدمة فى الجهد العالى . ولذلك فهى أصغر حجماً وأقل فى مستوى العزل والأداء من وسائل الجهد العالى . وفيما يلى شرح لأهم المفاتيح ووسائل التحكم المستخدمة فى الجهد المنخفض،مع شرح مبسط لطرق تركيبها وعملها وكيفية توصيلها مع الدوائر الكهربانية .

(٣٩) وسائل القطع والوصل فى الجهد المنخفض :

تعتبر الوسائل الآتية من أهم الوسائل المستخدمة فى قطع ووصل التيار فى الجهد المنخفض :

١ – المفاتيح . ٢ – بادئات التشغيل . ٣ – عناصر التحكم .

٤ – وسائل القرن الكهربائى (أى وسائل التوصيل بين سلك قابل للحركة وآخر ثابت) .

٥ – المصاهر

وفيما يلي جدول ببين المقارنة بين الأنواع المختلفة لوسائل التحكم ومعدات القطع والوصل في الجهد المنخفض :

المفاتيح	بادئات التشغيل	عناصر التحكم	وسائل القرن	المصاهر
أنواع المفاتيح : (ا) تصنيف المفاتيح تبعاً لطريقة أدائها ، مثل مفاتيح التحكم ، المفاتيح العادية ومفاتيح التلامس	بادئات تشغيل بمقاومات على هيئة صفائح أو شرائح مبططة ، أو بادئ تشغيل على شكل طبل .	ريوستات المجال لتنظيم الجهد .	وسائل قرن بملامسات محمية .	مصاهر خطوط التغذية .
(ب) تصنيف المفاتيح تبعاً لطريقة تشغيلها مثل مفتاح يدوى ، أو مفتاح بالقدم أو مفتاح للتحكم من بعد (بطريقة كهرمغنطيسية أو بواسطة محرك أو بواسطة الهواء المضغوط) .	بادئ تشغيل بمقاومة على هيئة سائل .	وسائل التحكم في السرعة لضبطها وتغييرها	وسائل قرن بملامسات غير محمية .	مصاهر ذات قواطع أوتوماتيكية .
(ج) تصنيف المفاتيح تبعاً لنوع الأجهزة التي تستخدم فيها ، مثل وسائل العتق والمرحلات .			قابس ومقبس عادى أو قابس ومقبس حائط .	

١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦

الشكل (١٠١) رمز تخطيطى لمفتاح تحكم

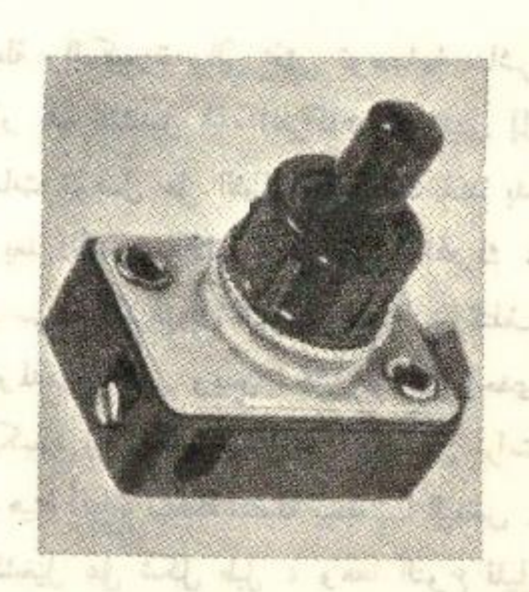
١ – مفتاح عادى يعمل يدويا
٢ – مفتاح عادى يعمل بالقدم
٣ – قاطع دائرة
٤ – قاطع دائرة بثلاثة أقطاب
٥ – مفتاح قلاب .
٦ – مفتاح لدوائر متعددة .

١ – المفاتيح :

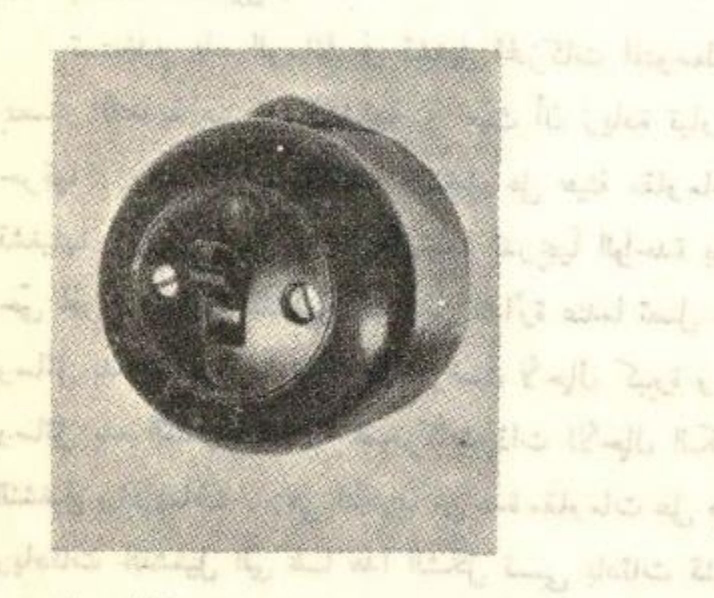
يراعى عند استخدام المفاتيح فى الجهد المنخفض أن تكون ملائمة للجهد والتيار اللذين ستستخدم معهما . لذلك يوجد العديد من الطرز المختلفة للمفاتيح المستخدمة فى الجهد المنخفض سواء لقطع أو وصل الدوائر الكهربائية ، أو مفاتيح التلامس المستخدمة فى التحكم فى الكميات الكهربائية الخاصة بالأجهزة والمعدات المختلفة (مثل التيار والجهد والطاقة ... إلخ) . ويبين الجدول السابق أنواع المفاتيح المختلفة وطرق استخدامها . وفيما يلى مسح لهذه الأنواع :

– تبين الأشكال (١٠١) ، (١٠٢) ، (١٠٣) أنواعاً من المفاتيح التى تعمل يدوياً أو بالقدم عند الضغط عليها ، وتظل فى وضع التشغيل ولا ترجع إلى مكانها الأصلى إلا عند الضغط عليها مرة ثانية عند الحاجة ، ومثل هذه المفاتيح يستخدم فى التحكم فى طاقة كهربائية بقدرة منخفضة .

– يبين الشكل (١٠٤) نوعاً من المفاتيح التى تستخدم مع المحركات للتحكم والإشراف على تشغيلها .



الشكل (١٠٢) مفتاح عادى يصلح للتركيبات الكهربائية المنزلية أو أى معدات للإضاءة .



الشكل (١٠٣) مفتاح للإنارة المنزلية (خارج الحائط)

– يبين شكل (١٠٥) نوعاً من المفاتيح الصامدة للرطوبة والمياه،ويطلق عليها فى معظم الأحيان اسم مفاتيح التلامس .

– كما يبين الشكل (١٠٦) نوعاً من أنواع المفاتيح العادية التى تعود إلى وضعها الأصلى أتوماتيكياً بعد تشغيلها (مفاتيح بعودة ذاتية) .

– ويبين الشكلان (١٠٧) ، (١٠٨) نوعين من مفاتيح التلامس التى تعمل بوسيلة كهرمغنطيسية لتعيده إلى مكانه الأصلى أتوماتيكياً .

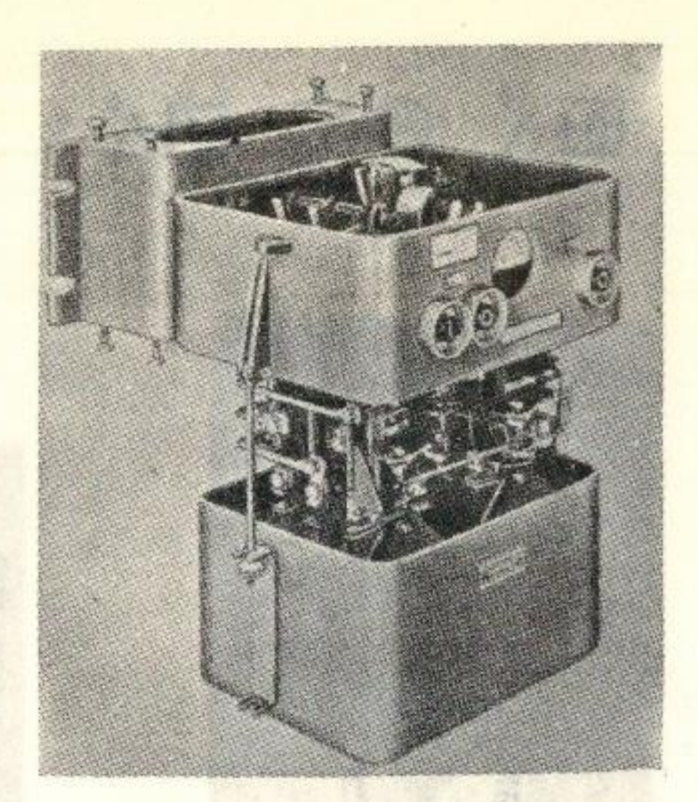
ويبين الشكل (١٠٩) رسماً تخطيطياً لأنواع مفاتيح التحكم من بعد ، وتزود هذه المفاتيح عادة بمحركات صغيرة للتحكم فى عناصر أية دائرة كهربائية موضوعة على مسافة بعيدة منها ، كما تبين الأشكال من (١١٠) إلى (١١٢) أيضاً عدة أنواع مختلفة من هذا الطراز .

ويبين الشكل (١١٣) رسماً تخطيطياً لبعض وسائل العتق التى تعتبر هى الأخرى نوعاً من أنواع المفاتيح أو وسائل القطع والوصل التى تعمل نتيجة لتغير أى كمية فيزيقية سبق تحديدها . مثال ذلك وسائل العتق التى تعمل عندما تزيد أو تقل قيمة الجهد أو التيار عن حد معين ، أو تعمل نتيجة لارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة عن قيمة معينة .

ويبين الشكل (١١٤) رسماً تخطيطياً لأحد أنواع المرحلات . وتسمى المرحلات فى بعض الأحيان بالمفاتيح الرئيسية ، وتستخدم للتحكم فى العناصر المكونة للدوائر الكهربائية . وهى تختلف عن المفاتيح ووسائل العتق فى أنها تعمل إذا سلط عليها جهد معين هو جهد التحكم ، وتعود إلى مكانها الأصلى بمجرد رفع الجهد عنها . وقد يطلق على المرحلات التى تقوم بتشغيل المعدات ذات الأحمال العالية اسم « مفاتيح التلامس المستخدمة فى الأغراض الصناعية » .

٢ – بادئات التشغيل :

تستخدم هذه الوسائل فى تشغيل المحركات المتوسطة والكبيرة والتى يخشى توصيلها مباشرة بمصدر التغذية عند بدء تشغيلها ، حيث أن زيادة تيار بدء التشغيل لهذه المحركات قد تؤدى إلى حرقها . وقد تكون بادئات التشغيل على هيئة مقاومات توصل على التوالى بالمحركات عند بدء تشغيلها ، ويتم فصل هذه المقاومات تدريجياً الواحدة بعد الأخرى كلما زادت سرعة المحرك ، حتى تخرج بادئات التشغيل كلها من الدائرة عندما تصل سرعة المحرك إلى السرعة المقننة . وتتلف وسائل بدء التشغيل عادة إذا ما تعرضت لأحمال كبيرة ولمدد طويلة . ويبين شكل (١١٥) إحدى وسائل بدء التشغيل الملائمة للمحركات ذات الأحمال الكبيرة والتى تتعرض لعدد كبير من مرات التشغيل والإيقاف . وهى تتكون من عدة مقاومات على هيئة ألواح مبططة متصلة ببعضها البعض . وبادئات التشغيل التى لها هذا الشكل تسمى بادئات تشغيل على شكل طبل ، وهذا النوع قليل الاستعمال . ويبين شكل (١١٦) بادئ تشغيل تجارى يستعمل فى الأغراض العامة . وفى بعض الأحيان تستخدم السوائل (كمحلول الصودا مثلا) كمقاومات بدء التشغيل ، مثل تلك المبينة فى شكل (١١٧).



الشكل ١٠٤) مفتاح للاستخدام فى إدارة المحركات .

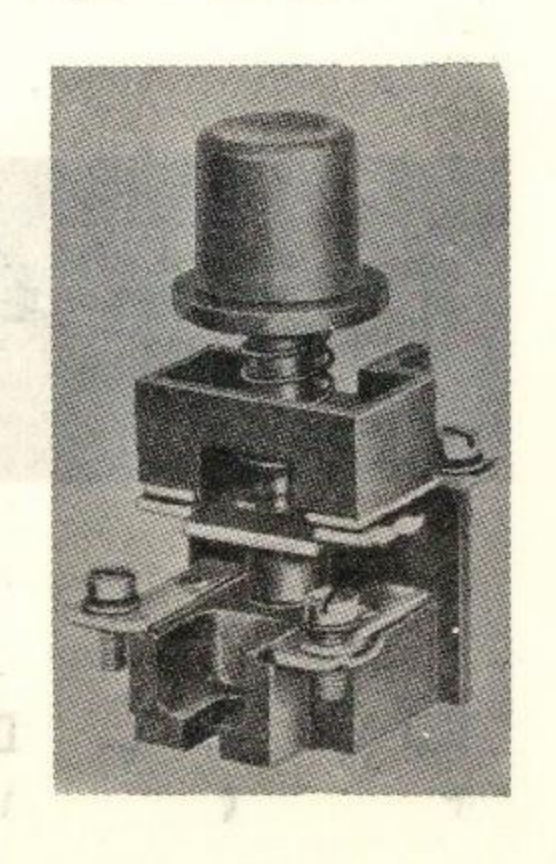


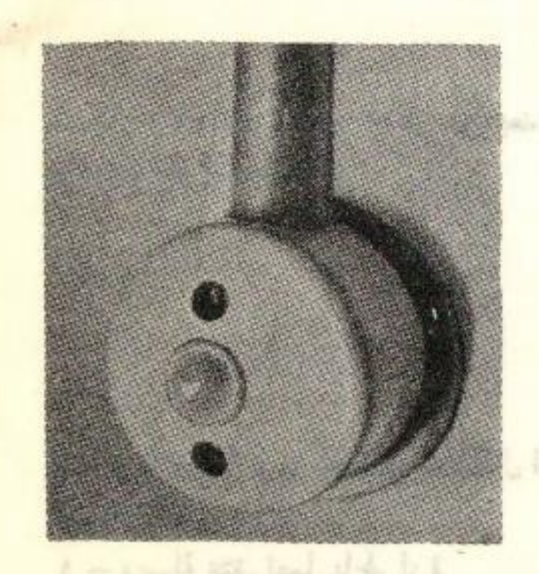
الشكل (١٠٥) مفتاح كهربائى مانع لتسرب الماء إلى داخله

الشكل (١٠٦) رمز تخطيطى لمفاتيح السكينة
١ – مفتاح توصيل
٢ – قاطع .
٣ – مفتاح ثنائى القطب للقطع و الوصل .

٣ ٢ ١

الشكل (١٠٧) مفتاح للتر كيب فى لوحات التوزيع

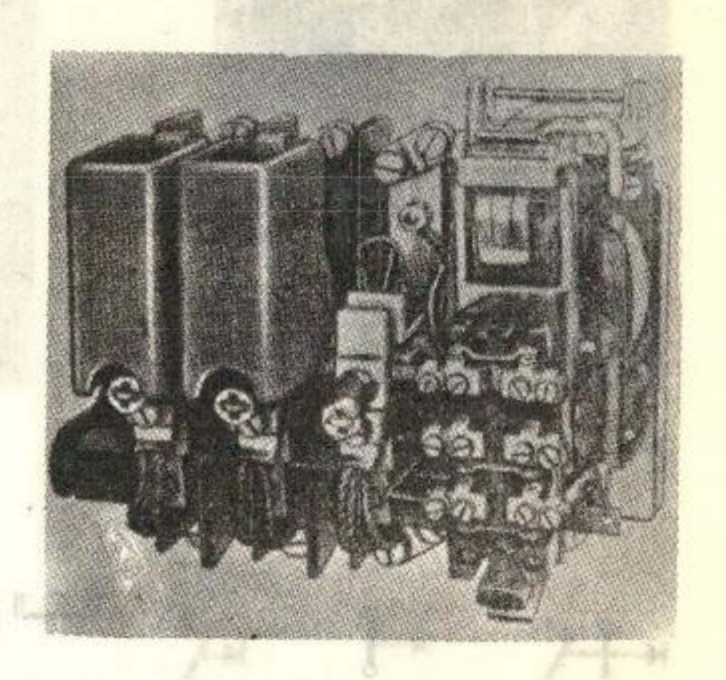




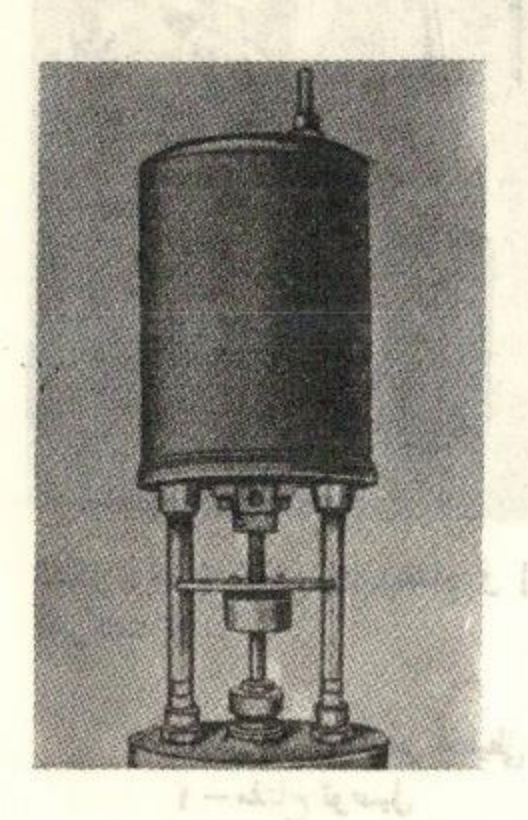
الشكل (١٠٨) مفتاح سكينة للاستخدام فى إنارة السلم

الشكل (١٠٩) رمز تخطيطى للأشكال المختلفة لمفاتيح التحكم من بعد
١ – مفتاح يعمل بمغنطيس كهربائى
٢ – مفتاح يعمل بمحرك كهربائى
٣ – مفتاح يعمل بالهواء المضغوط

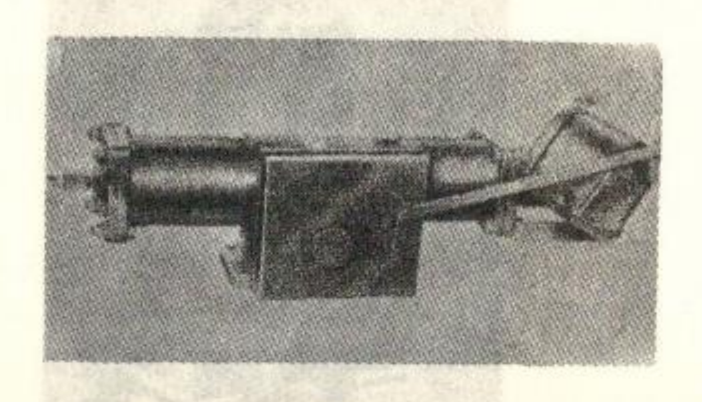
٣ ٢ ١



الشكل (١١٠) مفتاح تحكم من بعد يعمل بواسطة مغنطيس كهربائى



الشكل (١١١) مفتاح تحكم من بعد يعمل بواسطة محرك كهربائى



الشكل (١١٢) مفتاح تحكم من بعد يعمل بواسطة الهواء المضغوط

الشكل (١١٣) رمز تخطيطى للأشكال المختلفة لوسائل العتق
١ – وسيلة عتق تعمل بالحرارة
٢ – وسيلة تعمل عند ارتفاع الجهد .
٣ – وسيلة عتق تعمل عند انخفاض شدة التيار .



٣ ٢ ١

الشكل (١١٤) رمز تخطيطى لأنواع المرحلات
١ – مرحل يعمل عند فتح الدائرة
٢ – مرحل يعمل عند غلق الدائرة

٣ – عناصر التحكم :

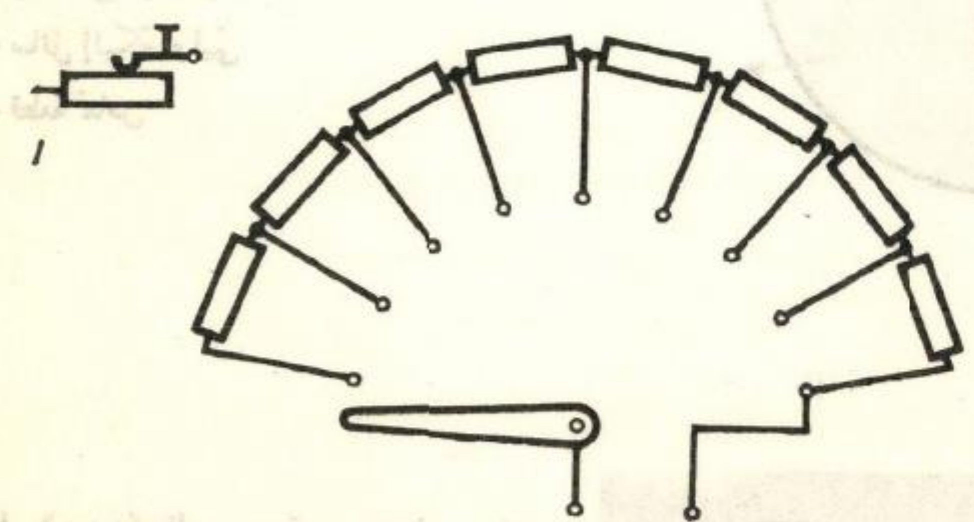
هى عناصر تستخدم لتغيير أوضاع تشغيل الآلات الكهربائية ، مثال ذلك عناصر التحكم المستخدمة لتغيير سرعة المحركات أو تغيير إثارة المولدات أو ضبطهما حسب الحاجة . ولعناصر التحكم نفس مميزات عمل بادئات التشغيل ونفس تصميمها ، إلا أنه يمكن تحميلها لمدد طويلة .

والبادئات المستخدمة للتحكم فى سرعة المحركات وضبطها مشابهة لعناصر التحكم تماماً ، غير أنه يقتصر تشغيلها على تنظيم سرعة المحركات وليس لأغراض بدء تشغيلها .

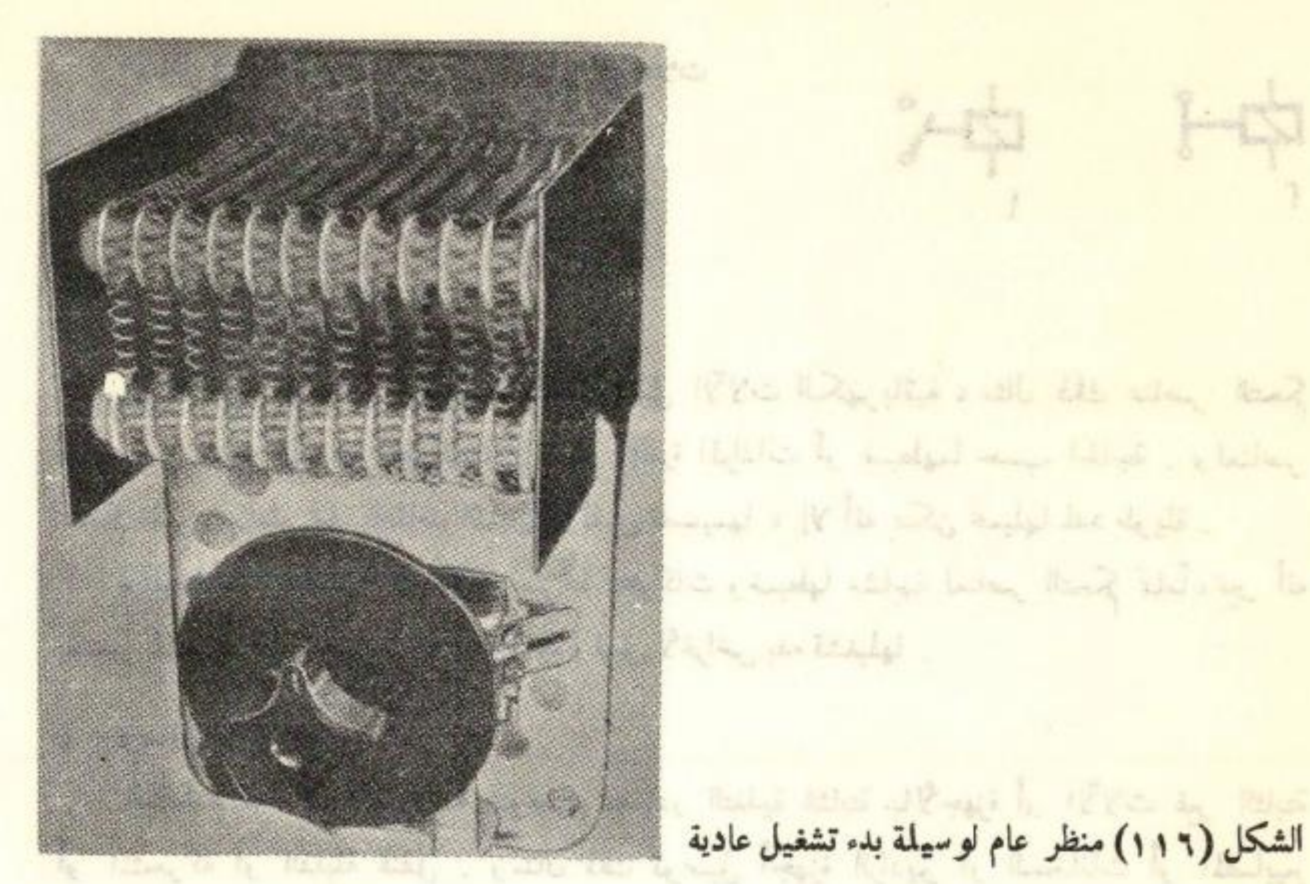
٤ – وسائل القرن :

تستخدم هذه الوسائل عادة لتوصيل مصادر التغذية الثابتة بالأجهزة أو الآلات غير الثابتة أو المتحركة أو القابلة للنقل . ومثال ذلك توصيل أجهزة الراديو أو السخانات أو المصابيح المتنقلة أو المثاقب اليدوية أو الخلاطات بمصادر التغذية . وتبين الأشكال من (١١٨) إلى (١٢١) أكثر نظم القرن استعمالا وشيوعاً ، وأهمها القابس والمقبس .

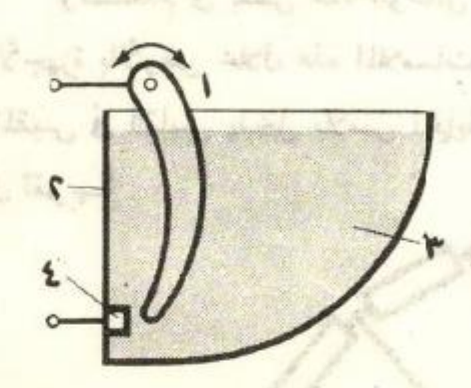
وتستخدم فى بعض هذه الوسائل بالإضافة إلى الملامسات الحية ملامسات للحماية ، لتوصيل الأجهزة بالأرض خلال هذه الملامسات المؤرضة أو لتوصيل الأجهزة بنقطة التعادل . وعند وضع المقبس فى القابس يدخل ملامس الحماية فى ثقب القابس المؤرض قبل دخول بقية الملامسات الحية فى ثقوبها .



الشكل (١١٥) وسيلة بدء التشغيل .
١ – رمز تخطيطى لوسيلة بدء تشغيل .
٢ – رسم تخطيطى لوسيلة بدء تشغيل مكونة من مقاومات مسطحة .



الشكل (١١٦) منظر عام لوسيلة بدء تشغيل عادية



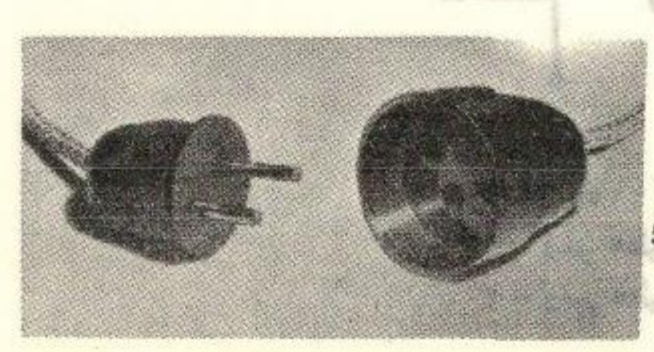
الشكل (١١٧) رسم تخطيطي لوسيلة بدء تشغيل بالسائل

١ – قطعة تماس دوارة على شكل قوس

٢ – وعاء من البلاستيك

٣ – سائل إليكتروليتي

٤ – قطعة تماس

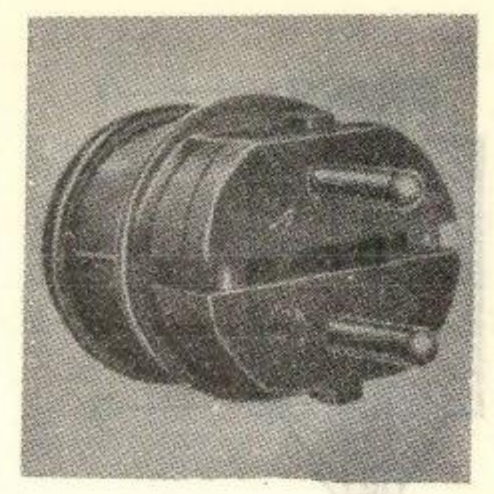


الشكل (١١٨) قابس ومقبس بدون وسيله تأريض (الحماية)

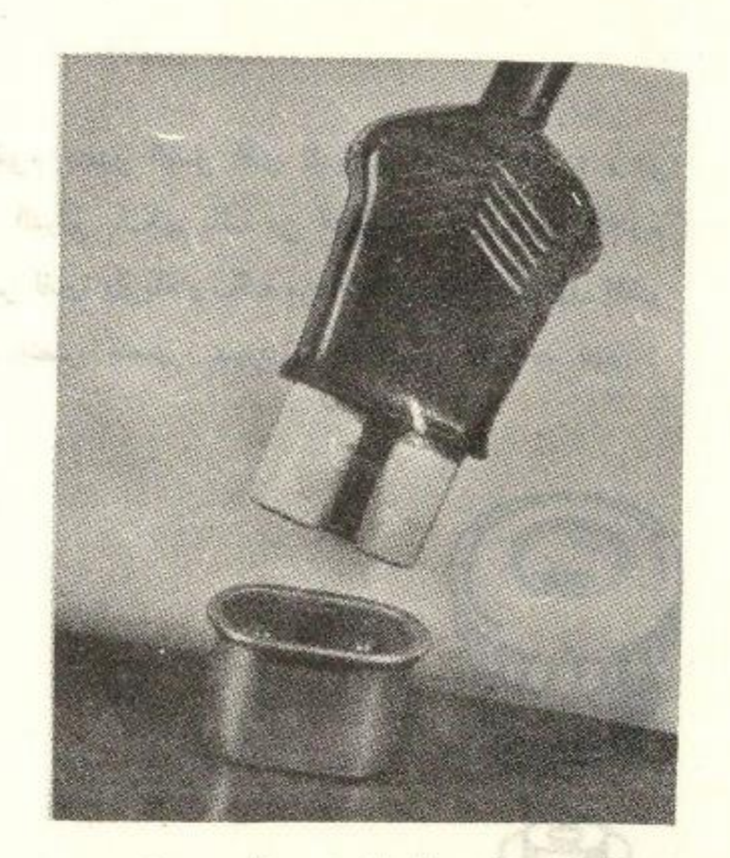
١ – مقبس يستخدم كقارن لقابس ثابت أو متحرك

٢ – قابس ومقبس متحركين

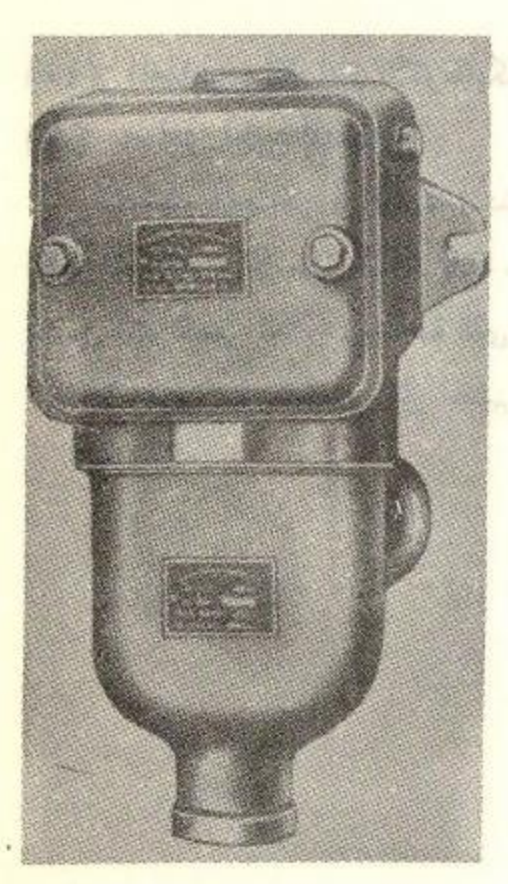




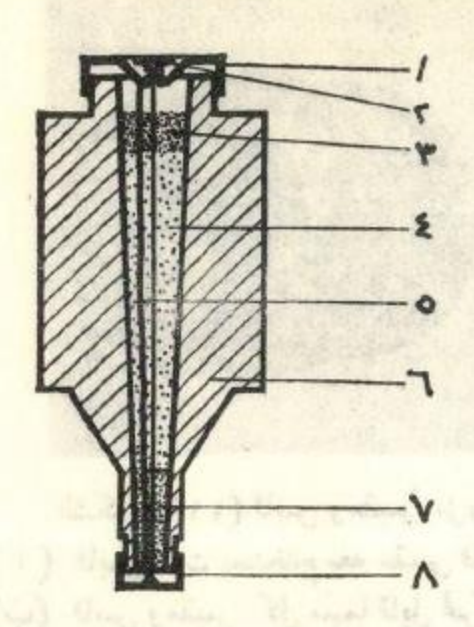
الشكل (١١٩) قابس ومقبس مزودان بوسيلة تأريض للحماية
(ا) قابس ثابت يستخدم معه مقبس قابل للحركة
(ب) قابس ومقبس كل منهما قابل للحركة .



الشكل (١٢٠) نظام قارن من قابس ومقبس يستخدم للأجهزة المنزلية
١ – قابس ثابت مزود بحلقات للحماية (يثبت بالجهاز)
٢ – مقبس متحرك



الشكل (١٢١) قابس ومقبس بطاقة عالية (طراز شروود)
يستخدم القابس والمقبس ذو الطاقة العالية فى الدوائر الكهربائية وفى الأغراض التى تحتاج إلى نظام قرن قابل للحركة. ويتحمل هذا النوع الاستعمال الشديد والخدمة الشاقة. فتستخدم فى معدات الزراعة وفى المناجم وفى الصناعة .

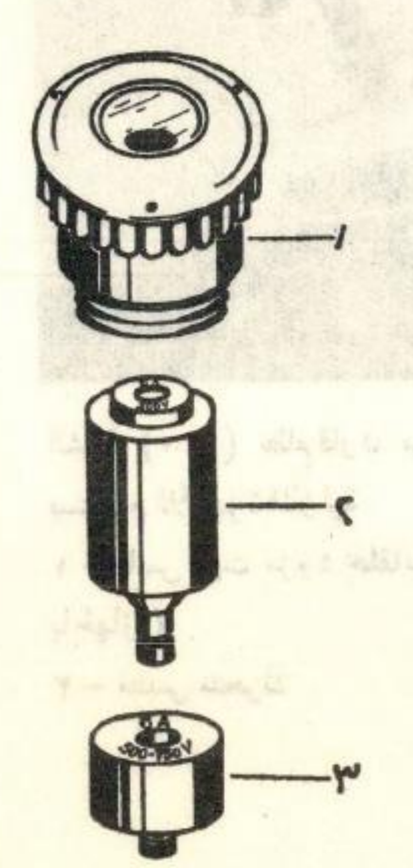


الشكل (١٢٢) وصلة مصهر من النوع العادى
١ – سطح التلامس
٢ – قرص البيان
٣ – اسبستوس
٤ – رمل
٥ – عنصر المصهر
٦ – الوعاء الصينى العازل
٧ – مادة لاصقة
٨ – بنز التلامس

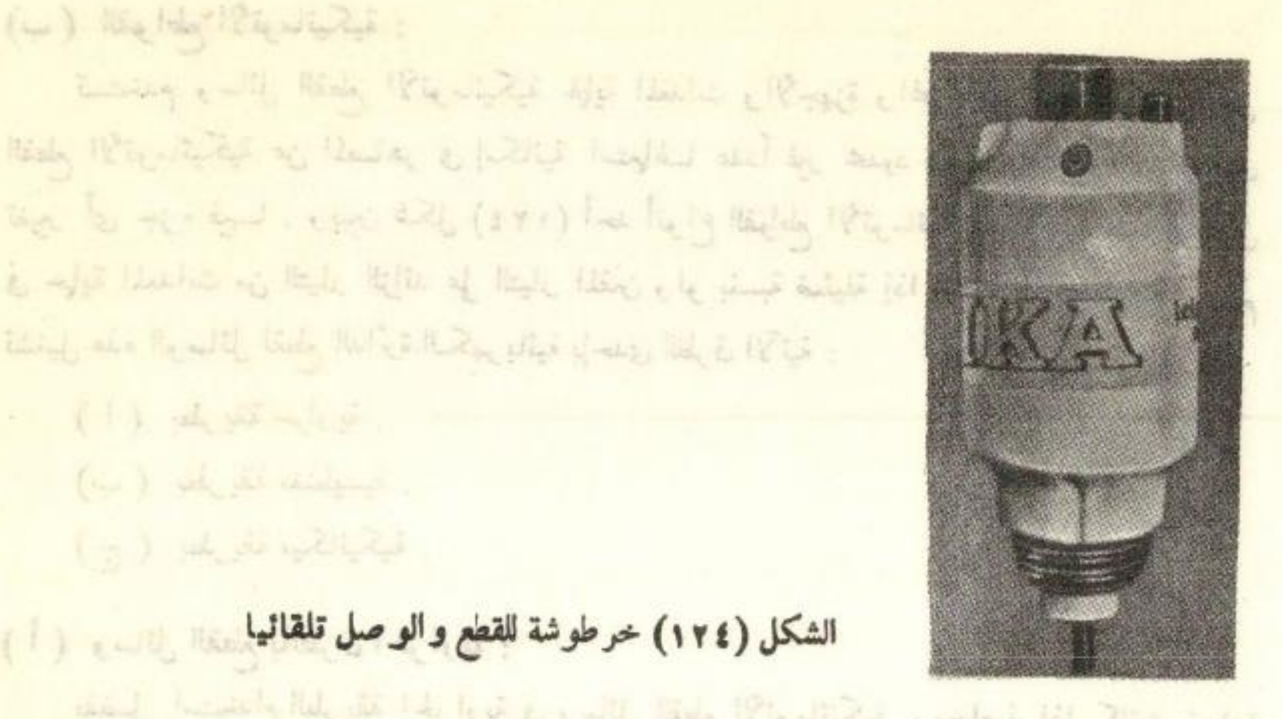
(٤٠) المصاهر والقواطع الأتوماتيكية :

(أ) مصاهر الجهد المنخفض :

تستخدم المصاهر فى الجهد المنخفض لتقوم بنفس العمل الذى تؤديه فى الجهد العالى ، وهو حماية المعدات والأجهزة الكهربائية وعناصر الدوائر الكهربائية من التيارات الزائدة على اللازم أو من تيار قصر الدائرة ،وخاصة الذى لا يستمر لفترة طويلة ولكنه من الشدة بحيث يؤدى إلى تلف هذه الأجهزة . ويتلخص عمل المصهر فى أن عنصره ينصهر بمجرد زيادة التيار على حد معين .



الشكل (١٢٣) مكونات المصهر العادى
١ – الغطاء الملولب
٢ – وصلة المصهر
٣ – الحلقة الحاكة



الشكل (١٢٤) خرطوشة للقطع والوصل تلقائيا

وتصنع المصاهر عادة بمقننات مختلفة حتى ٦٠ أمبير . ويتكون المصهر من الأجزاء الرئيسية التالية : قاعدة المصهر – الحلقة الحاكة – وصلة المصهر – الغطاء اللولبى . ويبين شكل (١٢٢) تصميما لوصلة مصهر من النوع العادى المستخدم فى حماية خطوط التغذية فى الجهد المنخفض . ومن المعروف أن وصلات المصهر تصمم عادة لتلائم الجهد والتيار اللذين يعمل عليهما المصهر، على أن يراعى فى تصميمها أيضاً عدم حدوث أى خطر نتيجة للإهمال أو عدم الاكتراث فى اختبار المصهر المناسب . ولذلك تصمم قاعدة المصاهر بحيث لا يسمح بوضع وصلة مصهر بمقنن أكبر فى قاعدة مصهر بمقنن صغير ، وعلى ذلك لا يمكن لوصلة مصهر ٣٥ أمبير أن تدخل فى قاعدة مصهر ١٠ أمبير .

ويبين شكل (١٢٣) الغطاء اللولبى ووصلة المصهر والحلقة الحاكة لأحد المصاهر المستخدمة فى حماية خط تغذية . ويكون القطر الخارجى للملامس المعدنى الموجود فى نهاية وصلة المصهر ملائماً تماماً للقطر الداخلى للحلقة الحاكة ، وبذلك نضمن عدم وضع وصلة مصهر فى قاعدة أو غطاء مصهر بمقنن أقل . وتستخدم فى هذه المصاهر لوحة بيان تدل على حالة عنصر المصهر ، أى ما إذا كان فى حالة سليمة من عدمه . وتوضع لوحات البيان هذه على السطح الأمامى لوصلة المصهر . وتتكون لوحة البيان عادة من صفيحة صغيرة متصلة بفتيلة المصهر عن طريق سلك زنبركى . وعندما تنصهر فتيلة المصهر يقوم السلك الزنبركى بدفع لوحة البيان من مكانها فتسقط ، وفى هذه الحالة يلزم تغيير وصلة المصهر بأكلها بأخرى لها نفس قيمة التيار المقنن (وقد سبق شرح عمل لوحة البيان فى مصاهر الجهد العالى) . وتلون لوحة البيان عادة بألوان مختلفة يدل كل لون منها على التيار المقنن الخاص بوصلة المصهر . فيدل اللون الأحمر على أن التيار المقنن ١٠ أمبير ، واللون الأزرق على أن التيار المقنن ٢٠ أمبير ، وهكذا .

(ب) القواطع الأتوماتيكية :

تستخدم وسائل القطع الأتوماتيكية لحماية المعدات والأجهزة والمحركات . وتختلف وسائل القطع الأتوماتيكية عن المصاهر فى إمكانية استعمالها عدداً غير محدود من الممرات دون حاجة إلى تغيير أى جزء فيها . ويبين شكل (١٢٤) أحد أنواع القواطع الأتوماتيكية . وتفيد هذه الوسائل فى حماية المعدات من التيار الزائد على التيار المقنن ولو بنسبة ضئيلة إذا استمر لفترة طويلة . ويتم تشغيل هذه الوسائل لقطع الدائرة الكهربائية بإحدى الطرق الآتية :

(ا) بطريقة حرارية .
(ب) بطريقة مغنطيسية .
(ج) بطريقة ميكانيكية .

(أ) وسائل القطع بالطرق الحرارية :

يفضل استخدام الطريقة الحرارية فى وسائل القطع الأتوماتيكية ، وخاصة إذا كانت زيادة التيار تم بطريقة تدريجية ولمدة طويلة .

ويتلخص عمل وسائل القطع بالطريقة الحرارية فى الآتى :

تؤدى زيادة تيار التشغيل على حد معين إلى تسخين جزء ثنائى المعدن ، يتمدد بالتسخين نتيجة لمرور التيار الزائد فيه بطريقة مباشرة أو بطريقة غير مباشرة . فعندما يتمدد الجزء الثنائى المعدن حتى يصل إلى حد معين فإنه يدفع أمامه سقاطة تؤدى إلى فتح الدائرة الكهربائية عن طريق وسيلة عتق كتلك التى سبق شرحها .

ولا تفيد هذه الوسائل إلا إذا كانت زيادة التيار تم تدريجياً . أما إذا تمت فجأة وبسرعة شديدة بحيث لا تعطى للجزء الثنائى المعدن فرصة للتمدد ليقوم بفتح الدائرة فى الوقت المناسب ، فيفضل فى هذه الحالة استخدام الطريقة الكهرمغنطيسية .

(ب) وسائل القطع بالطرق الكهرمغنطيسية :

يفضل استخدام الطرق الكهرمغنطيسية فى وسائل القطع الأتوماتيكية إذا كانت زيادة التيار تم فجائياً ، حيث أن هذه الوسائل تستجيب بسرعة كبيرة لزيادة التيار فتقوم بفتح الدائرة بمجرد زيادته . وبالإضافة إلى الوسيلتين السابقتين ، توجد الوسائل الميكانيكية .

(ج) وسائل القطع الميكانيكية (مفاتيح التلامس) :

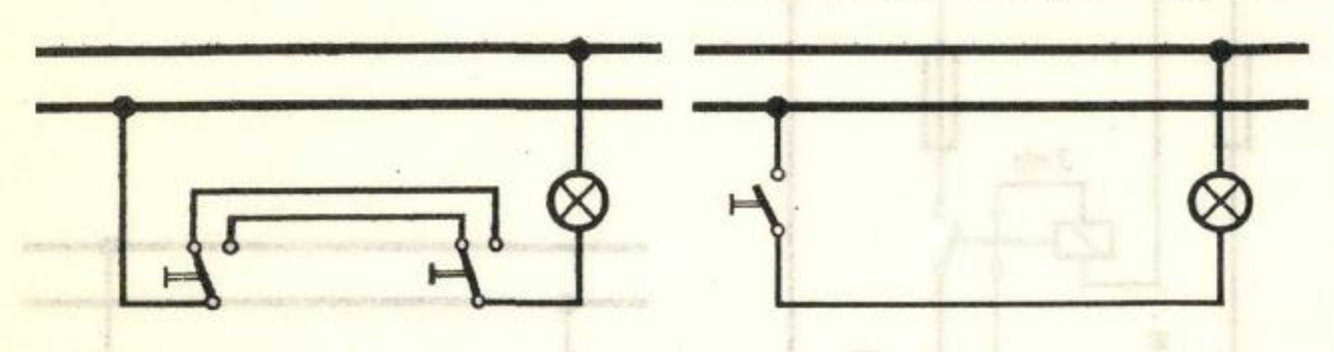
يطلق على وسائل القطع بالطرق الميكانيكية اسم « مفاتيح التلامس » ، ويستخدم فيها ذراع أو زر عند الضغط عليه يدوياً أو بأية وسيلة أوتوماتيكية يقوم بتشغيل المفتاح ، لقطع الدائرة فوراً عند حدوث عطل أو خلل . ويختار مفتاح التلامس ليتناسب مع ظروف التشغيل التى

سيستخدم فيها . وتمتاز هذه الوسائل بإمكان إعادتها إلى وضع التشغيل العادى بعد إصلاح الخلل دون حاجة إلى تغيير أى جزء فيها ، على غير ما يحدث فى المصاهر التى تحتاج إلى تغيير وصلة المصهر بعد حدوث العطل .

(٤١) طرق توصيل الطاقة الكهربائية إلى المبانى :

١ – دوائر التمديدات والتوصيلات :

تبين الأشكال من (١٢٥) إلى (١٣٠) عدة دوائر للتمديدات والتوصيلات الكهربائية المستخدمة فى الجهد المنخفض، كما تبين هذه الأشكال كيفية توصيل المفاتيح فى دوائر الإنارة أو دوائر القدرة بجهد منخفض داخل المبانى .



الشكل (١٢٥) دائرة بمفتاح قطع ووصل . يمكن قطع ووصل عناصر الدائرة (مثل المصابيح) بواسطة مفتاح تحكم .

الشكل (١٢٦) مفتاح بدائرة تشغيل بطريقين. يمكن بهذه المفاتيح قطع أو وصل عناصر الدائرة (مثل المصابيح) من نقطتين مختلفتين بواسطة مفتاحين .

٢ – التوصيلات الكهربائية إلى المبانى :

يمكن توصيل الطاقة الكهربائية بجهد منخفض إلى المبانى بواسطة خطوط هوائية محمولة على أعمدة خشبية كما فى الشكل (١٣١) أو بواسطة كبلات مدفونة تحت الأرض كما فى الشكل (١٣٢)

٣ – التوصيلات الكهربائية داخل المبانى :

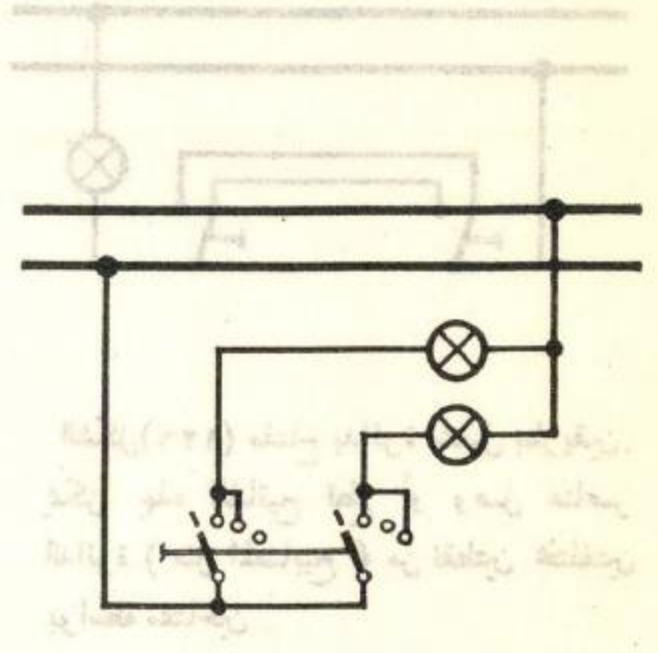
يمكن تصنيف التوصيلات الكهربائية داخل غرف المبانى إلى :

- توصيلات كهربائية خاصة بالغرف الرطبة .
- توصيلات كهربائية خاصة بالغرف الخاصة .
- توصيلات بأسلاك معزولة وموضوعة تحت الجبس مباشرة .
- توصيلات بأسلاك معزولة مدفونة داخل الحائط .

- توصيلات سطحية بأسلاك موضوعة على سطح الحائط .

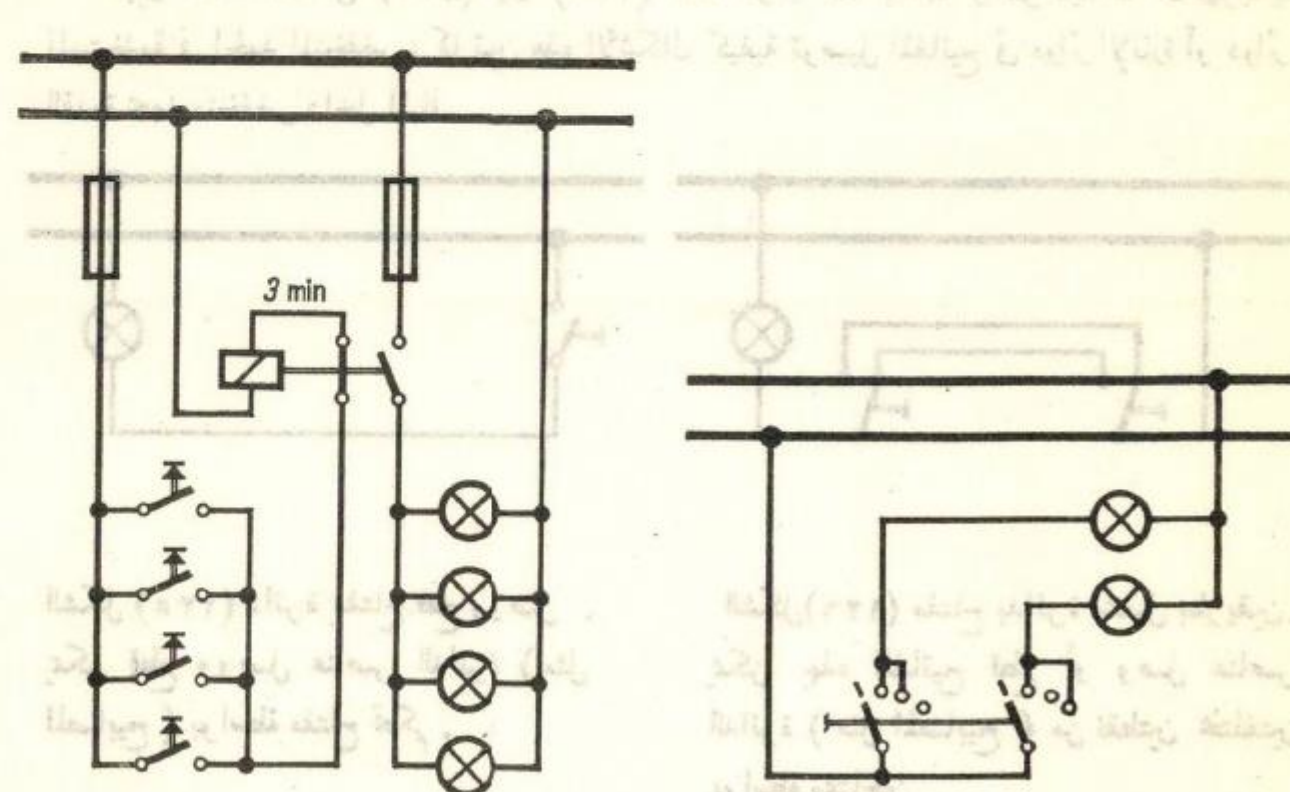
- توصيلات بأسلاك داخل مواسير صلب أو مواسير مطاط .

وتبين الأشكال من (١٣٣) إلى (١٣٨) الطرق المختلفة المستخدمة فى تركيب التوصيلات الكهربائية داخل غرف المبانى .



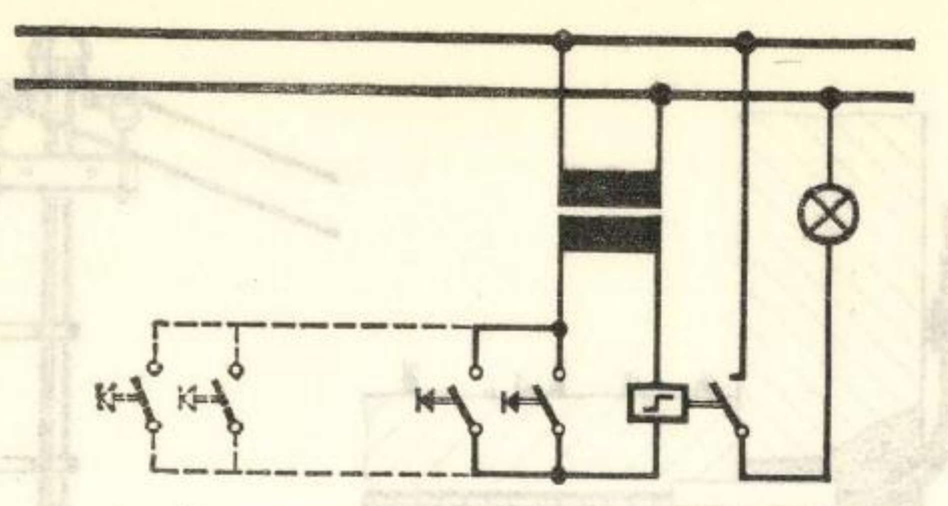
الشكل (١٢٧) دائرة توال

يمكن بهذه الدائرة قطع ووصل عناصر دائرتين معا أو عناصر كل دائرة منهما على حدة باستخدام مفتاح تحكم وحيد .



الشكل (١٢٨) مفاتيح مزودة بمرحل زمنى تستخدم فى إنارة السلم لفترة محددة

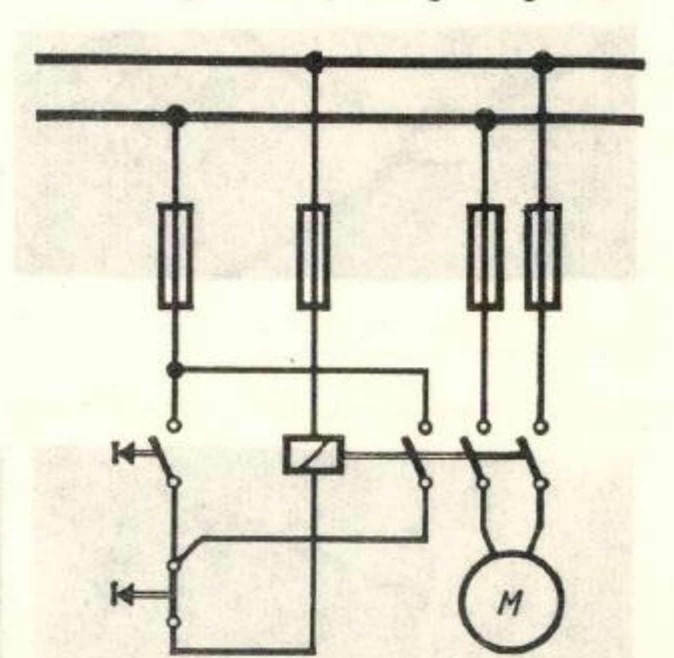
توصل المصابيح كلها على التوازى كما توصل المفاتيح أيضا على التوازى . وعند تشغيل أحد المفاتيح يستجيب له المرحل ويقوم بإنارة مصابيح السلم . ويوصل المرحل بوسيلة تعمل ميكانيكيا أو بواسطة الهـواء المضغوط لفصل التيار عن المرحل بعد زمن محدد من بداية تشغيله . وعندما يتم فصل التيار عن المرحل يمكن بعد ذلك تشغيله بواسطة أى مفتاح مرة أخرى .



الشكل (١٢٩) التحكم من بعد فى التركيبات والمعدات الكهربائية

يستخدم لهذا الغرض معدات للقطع والوصل لا تعود تلقائيا إلى الوضع الأصلى بعد قيامها بعملية القطع أو بعملية الوصل ، مثل المرحلات .

ويتم تشغيل المرحل النبضى عادة من على مسافة بعيدة من هذه المعدات باستخدام جهد منخفض (٨ إلى ١٢ فلط) . وعندما يمر بالمرحل أى نبضة من نبضات تيار التحكم من هذه الأماكن البعيدة فإنها تقوم بعملية القطع أو عملية الوصل المطلوبة، ويظل على هذه الحال حتى يمر به النبضة التالية . ولإمكان إجراء عمليات التحكم من بعد . توصل المفاتيح المستخدمة فى عملية القطع والوصل للدوائر المختلفة على التوازى مع المرحل، وبذلك يمكن التحكم من بعد فى وصل أو قطع التيار عن عناصر الدوائر المتصلة على التوازى بواسطة المرحل .

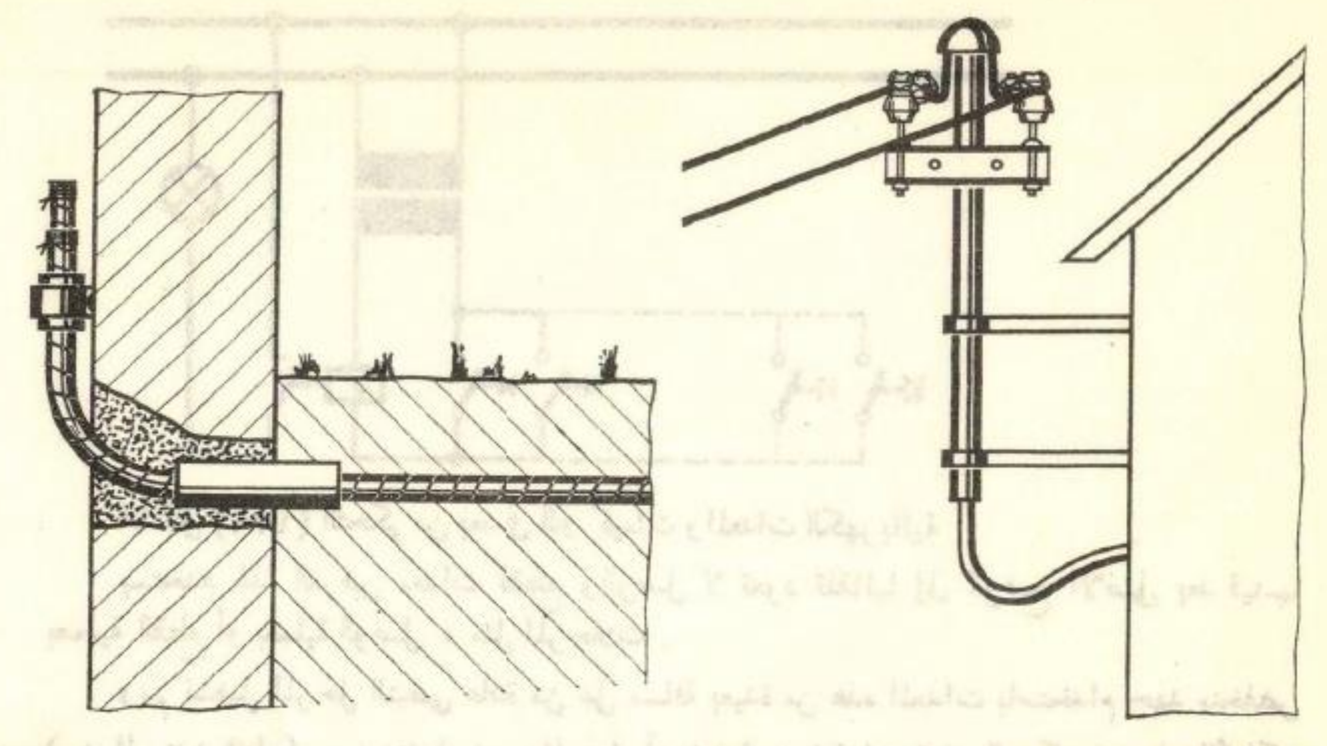


الشكل (١٣٠) معدات القطع والوصل المستخدمة فى المحركات (مفاتيح التلامس)

يستخدم فى هذا الغرض معدات القطع والوصل التى تعود تلقائيا إلى وضعها الأصلى بعد إجراء عملية القطع أو الوصل .

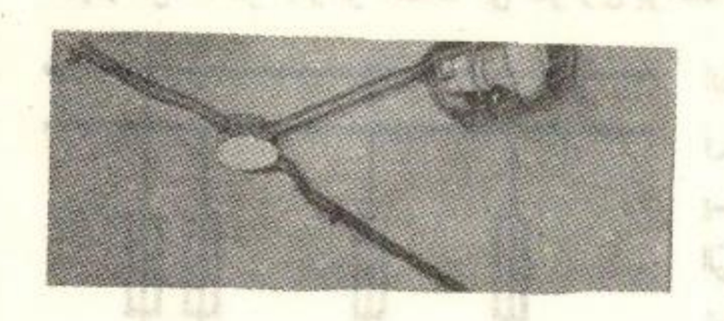
فى الشكل عندما يتم تشغيل مفتاح المحرك بالضغط على زرار التشغيل يمر التيار عن طريق الزرار خلال ملف المفتاح ، فيتولد بالملف مجال مغنطيسى يؤدى إلى تحريك ثلاثة ملامسات : يستخدم ملامسان منها لغلق دائرة المحرك الأخير ، بينما يستخدم الملامس الثالث لتغذية الملف بالتيار اللازم بدلا من ملامسات الزر الذى يعود إلى مكانه الأصلى تلقائيا بعد عملية الضغط عليه مباشرة . وعند الضغط على زر الإيقاف ، يقطع التيار عن ملف المفتاح ، وينقطع المجال المغنطيسى ، وبذلك تنفصل الملامسات ويتوقف دوران المحرك ويعود زر الإيقاف إلى مكانه الأصلى . وعندما يراد تشغيل المحرك مرة ثانية يضغط على زر التشغيل ، وهكذا .

وتمتاز مفاتيح التلامس بإمكان تشغيلها عددا كبيرا من المرات .

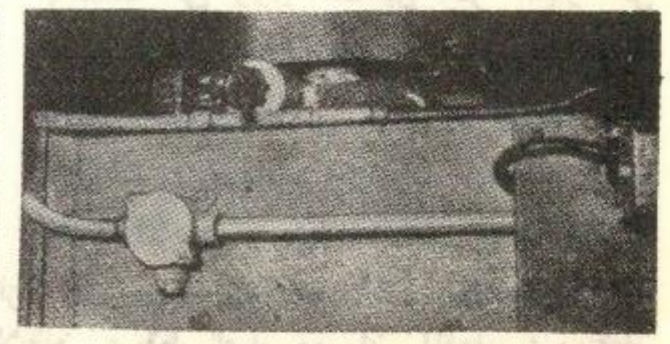


الشكل (١٣١) كيفية إمداد المنازل بالطاقة الكهربائية بواسطة الخطوط الهوائية .

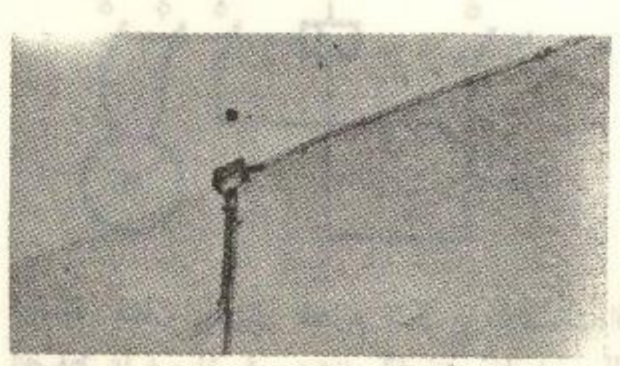
الشكل (١٣٢) كيفية إمداد المنازل بالطاقة الكهربائية بواسطة الكبلات الأرضية



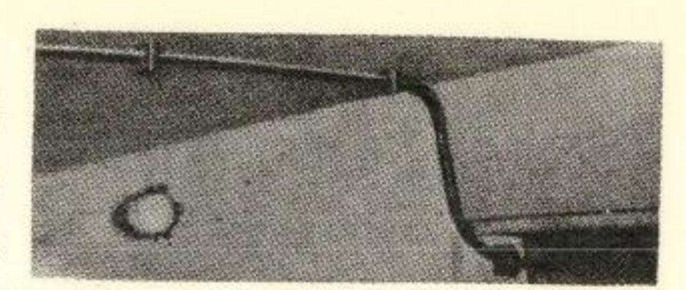
الشكل (١٣٣) كيفية وضع الموصلات فى مواسير قابلة للتحرك .



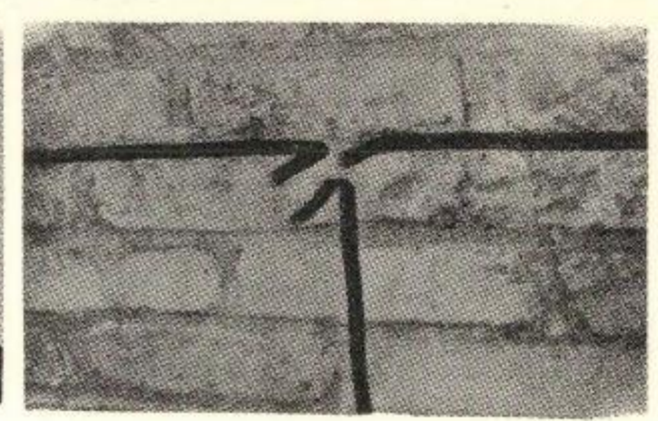
الشكل (١٣٤) وضع الموصلات فى مواسير صلب لتركيبها بالماكينات

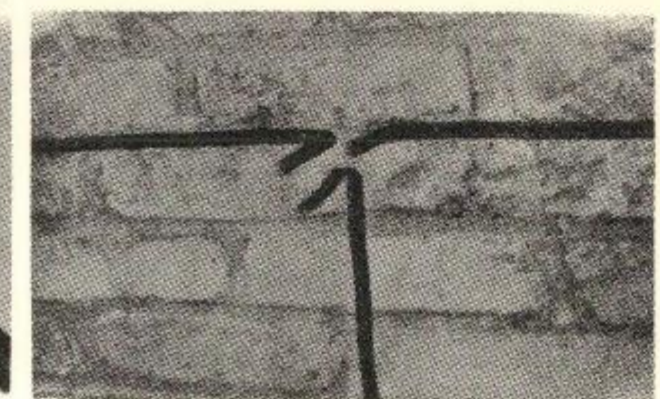


الشكل (١٣٥) وضع الموصلات داخل مواسير معدنية مبطنة من الداخل بمادة عازلة للاستخدام فى التوصيلات داخل المبانى .



الشكل (١٣٦) موصــلات معزولة ومبطنة لحمايتها ضد تسرب الماء إلى داخلها . تركب بواسطة مسامير شك .





الشكل (١٣٧) الاسلاك الشريطية المعزولة المستخدمة للتركيب تحت المصيص (بدون مواسير) .

الشكل (١٣٨) مواسير مطاط مفلكن وصناديق تفرع مطاطية أيضامعدة للتركيب تحت المصيص ويتم سحب الموصلات المعزولة داخل هذه المواسير بعد عملية الطلاء بالمصيص

الباب الخامس

أجهزة تحويل نوع من الطاقة الـكهربائية الى نوع آخـر من الطاقة الكهربائية

أولا : المحولات

تستخدم المحولات لتحويل التيارات والجهود المترددة بقيم معينة (الداخلة إلى ملفاتها الابتدائية) إلى تيارات وجهود مترددة بقيم أخرى (تخرج من ملفاتها الثانوية) .

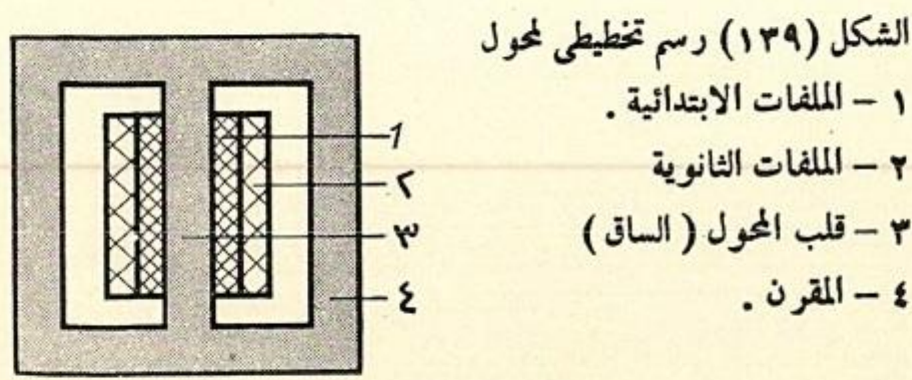
(٤٢) التعريف بأساسيات المحول :

يستخدم المحول المثالى عادة لشرح المحول العادى وكيفية عمله بطريقة مبسطة . والمحول المثالى هو محول عادى افترض فيه عدم وجود بعض حقائق أو ظواهر معينة من جانب التسهيل (مثل إهمال الفقد فى الحديد والنحاس) . ويبين الشكل(١٤٩) رسما تخطيطيا بالمحول المثالى ، وهو يتكون من ملف ابتدائى وملف ثانوى . ولتركيز الخطوط المغنطيسية فى الملفات وزيادة كفاءة المحول توضع الملفات عادة حول قلب حديدى مصنوع من رقائق من الألواح المعزولة المصنوعة من الحديد السلكونى . وتسمى هذه الألواح « ألواح الدينمو » . وتتكون الدائرة المغنطيسية للمحول من القلوب الحديدية والملفات المرتبة حولها ، ومن جزء حديدى آخر من نفس نوع الحديد يستخدم فى قفل الدائرة المغنطيسية ، وهذا الجزء الحديدى الذى لا توجد حوله أى ملفات يسمى « المقرن » .

وفيما يلى شرح لأساسيات المحول وتعريفها :

(أ) طريقة عمل المحول :

إذا سلط جهد متردد $جـ_١$ على الملفات الابتدائية فإنه يمر بها تيار متردد $ت_١$ يؤدى إلى تولد مجال مغنطيسى متردد تتجمع كل خطوطه داخل الحديد ، وتخترق الملفات الثانوية ، فتولد فيها قوة دافعة كهربائية مترددة $جـ_٢$ وعند تحميل الملف الثانوى يمر به تيار متردد $ت_٢$.



الشكل (١٣٩) رسم تخطيطى لمحول
١ – الملفات الابتدائية .
٢ – الملفات الثانوية
٣ – قلب المحول (الساق)
٤ – المقرن .

ومن الممكن تعريف المحول بأنه أداة تستخدم فى رفع أو خفض جهد تيار متردد بدون فقد كبير ، أى أن القدرة الداخلة فيه تساوى القدرة الخارجة تقريبا .

$$جـ_١ \times ت_١ = جـ_٢ \times ت_٢$$

(ب) نسبة التحويل فى المحول :

تعرف النسبة بين الجهد الثانوى $جـ_٢$ إلى الجهد الابتدائى $جـ_١$ بأنها «نسبة التحويل فى المحول» ، وهى تساوى النسبة بين عدد لفات الملف الثانوى $ن_٢$ إلى عدد لفات الملف الابتدائى $ن_١$

$$\text{نسبة التحويل} = \frac{جـ_٢}{جـ_١} = \frac{ن_٢}{ن_١}$$

وحيث أن $جـ_١ \times ت_١ = جـ_٢ \times ت_٢$

$$\therefore \frac{جـ_٢}{جـ_١} = \frac{ت_١}{ت_٢} \quad \text{أى أن} \quad \frac{جـ_٢}{جـ_١} = \frac{ت_١}{ت_٢} = \frac{ن_٢}{ن_١}$$

ويبين المثال التالى كيفية حساب الجهد الثانوى أو التيار الثانوى بمعرفة التيار الابتدائى أو الجهد الابتدائى مع معرفة نسبة التحويل .

مثـــال :

إذا كان عدد لفات الملف الابتدائى $ن_١ = ١٥٠٠$ لفة والجهد الابتدائى المسلط على هذا الملف $جـ_١ = ٢٢٠$ فلط . وكان عدد لفات الملف الثانوى مساويا لعدد لفات الملف الابتدائى أى $ن_٢ = ١٥٠٠$ ، لفة فإن الجهد الذى يظهر بين أطراف الملف الثانوى $جـ_٢ = ٢٢٠$ فلط أيضا

$$\text{لأن} \quad \frac{جـ_٢}{جـ_١} = \frac{ن_٢}{ن_١}$$

أما إذا كان عدد لفات الملف الثانوى = ٧٥٠ لفة ، فإن الجهد الذى يظهر بين أطراف الملف الثانوى = ١١٠ فلط حيث أن $\frac{جـ_٢}{جـ_١} = \frac{ن_٢}{ن_١}$

$$\therefore \frac{جـ_٢}{٢٢٠} = \frac{٧٥٠}{١٥٠٠} \quad جـ_٢ = ١١٠ \text{ فلط}$$

أى أن النسبة بين الجهد الابتدائى إلى الجهد الثانوى تتناسب تناسبا طرديا مع النسبة بين عدد لفات الملف الابتدائى إلى عدد لفات الملف الثانوى ، أى $= \frac{جـ_٢}{جـ_١} = \frac{ن_٢}{ن_١}$

أما بالنسبة بين شدة التيار المار فى الملف الابتدائى إلى شدة التيار المار فى الملف الثانوى فإنها تتناسب تناسبا عكسيا مع النسبة بين عدد لفات الملف الابتدائى إلى عدد لفات الملف الثانوى

أى أن $\frac{ت_٢}{ت_١} = \frac{ن_١}{ن_٢}$. فإذا كانت شـدة التيار المار فى الملف الابتدائى ٥ أمبير ، وكان الجهد الابتدائى ٢٢٠ فلط ، وعدد لفات الملف الابتدائى ١٠٠٠ لفة ، وعدد لفات الملف الثانوى ٧٥٠ ، فباستخدام نسبة التحويل $\frac{جـ_٢}{جـ_١} = \frac{ت_١}{ت_٢} = \frac{ن_٢}{ن_١}$

يمكن حساب شدة التيار المار فى الملف الثانوى $ت_٢$ = ١٠ أمبير والجهد $جـ_٢$ يساوى ١١٠ فلط .

(جـ) الفقد فى المحول :

يلعب الفقد فى المحول دورا هاما فى تحديد كفاءة المحول . وينقسم الفقد فى المحول إلى قسمين :

١ – الفقد فى النحاس .

٢ – الفقد فى الحديد .

١ – الفقد فى النحاس :

ينشأ الفقد فى النحاس نتيجة لمرور التيار الابتدائى فى الملفات الابتدائية ومرور التيار الثانوى فى الملفات الثانوية .

وهو يساوى حاصل ضرب مربع التيار الابتدائى فى مقاومة الملف الابتدائى + حاصل ضرب مربع التيار الثانوى فى مقاومة الملف الثانوى .

الفقد فى النحاس $= (ت_١)^٢ \times م_١ + (ت_٢)^٢ \times م_٢$.

ويسبب هذا الفقد انخفاض الجهد عند تشغيل المحول ، كما أن الفقد يتحول إلى حرارة ، وقد تؤدى زيادة هذه الحرارة على حد معين إلى حرق ملفات المحول .

٢ – الفقد فى الحديد :

تستخدم القلوب الحديدية والمقارن لتركيز خطوط القوى المغنطيسية فى الملفات ، كما أنها تمنع تسرب أو الهروب هذه الخطوط المغنطيسية ،وبذلك تزيد من كفاءة المحول ، إلا أن هذا الحديد يتسبب فى وجود فقد يطلق عليه اسم الفقد فى الحديد .

وينقسم الفقد فى الحديد إلى قسمين :

(ا) الفقد بالتيارات الدوامية .

(ب) والفقد بالتخلف المغنطيسى .

(أ) الفقد بالتيارات الدوامية : يستخدم فى القلوب الحديدية وفى المقرن حديد سليكونى من أهم مميزاته مقاومته العالية للتيارات الدوامية ، وذلك لتقليل الفقد الناتج عن مرور التيارات الدوامية المتولدة بالحث بسبب تغير المجال المغنطيسى المتردد المار فى الحديد .

والفقد بالتيارات الدوامية يساوى حاصل ضرب مربع التيار الدوامى فى مقاومة الحديد السليكونى.

(ب) الفقد بالتخلف المغنطيسى : يتسبب مرور التيار المتردد فى ملفات المحول فى إيجاد منحنيات تمغنط فى الحديد السليكونى . ولهذه المنحنيات اتجاهان متضادان ، نتيجة لمرور التيار المتردد فى اتجاه معين وانخفاضه ثم مروره فى الاتجاه العكسى . لذلك تتغير أقطاب الجزيئات المغنطيسية كلما تغير اتجاه المغنطة . وهذه العملية تؤدى إلى فقد فى قدرة المحول يعرف باسم « الفقد بالتخلف المغنطيسى » . وترجع كلمة « التخلف » إلى أن تغير قطبية الجزيئات المغنطيسية لا يتم لحظيا بمجرد تغير اتجاه التيار ، وإنما يتخلف عنه بزمن معين .

ويتناسب الفقد بالتخلف المغنطيسى تناسبا طرديا مع عدد ذبذبات التيار المتردد فى الثانية ومع كثافة الفيض المغنطيسى .

(د) كفاءة المحول :

يحدد الفقد فى النحاس والفقد فى الحديد كفاءة المحول

$$\text{لأن كفاء المحول} = \frac{\text{قدرة خرج المحول ق}_{٢}}{\text{قدرة دخل المحول ق}_{١}}$$

وأن الفقد الكلى فى المحول = قدرة الدخل ق$_{١}$ − قدرة الخرج ق$_{٢}$

وتصل كفاءة المحولات ذات التصميم المتقن إلى ٩٩٪ .

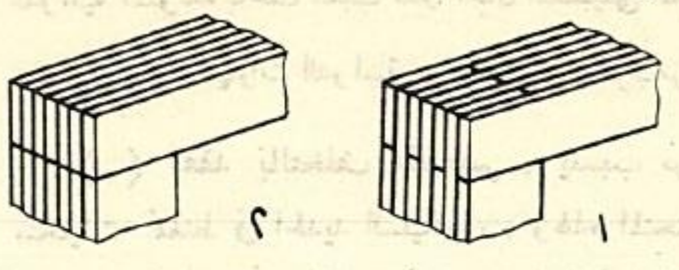
(٤٣) أنواع المحولات وطرق تصميمها :

(أ) تصميم المحول :

لتحسين أداء المحولات وزيادة كفاءتها ، تستخدم فى تصنيع المحولات أنواع معينة من رقائق الحديد السليكونى التى تصنع بأشكال مختلفة لتلائم التصميم والأداء المطلوبين للمحول (الشكلان ١٤٠ ، ١٤١) .

ويتميز الحديد السليكونى بمقاومته العالية للتيارات الدوامية لتقليل الفقد فى الحديد . ويتكون المحول فى معظم الأحيان من ملفين معزولين عن بعضهما البعض كهربائيا ، ويتكون كل منهما من عدد كبير من اللفات . وفى بعض الأحيان يزوّد أحد الملفين بعدة نقط توصيل بينية ، وتفيد نقط التوصيل البينية الموجودة فى الملفات الثانوية فى الحصول على جهود ثانوية بقيم مختلفة .

أما نقط التوصيل البينية الموجودة فى الملفات الابتدائية فتفيد فى استخدام المحول على جهود ابتدائية مختلفة . وتبين الأشكال ١٤٢ إلى ١٤٤ الطرق المختلفة لوضع وترتيب الملفات الابتدائية والثانوية حول القلوب المغنطيسية فى محولات القدرة .

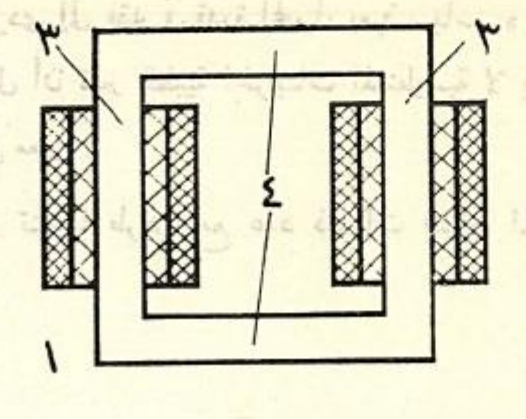


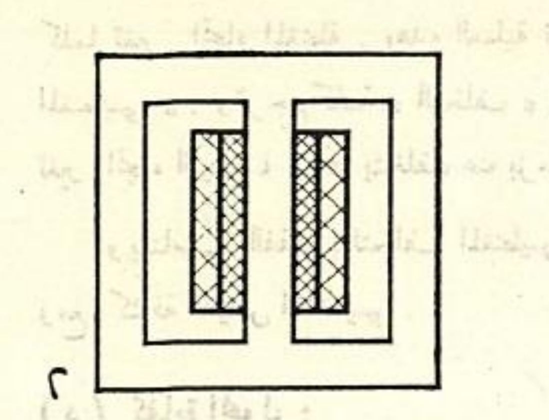
الشكل (١٤٠)

رقائق القلب الحديدى للمحول

١ – رقائق منفرجة (متداخلة)

٢ – رقائق منتظمة .





الشكل (١٤١) أشكال القلب الحديدى

١ – محول ذو قلب حديدى

٢ – محول ذو دائرة مغنطيسية محيطة

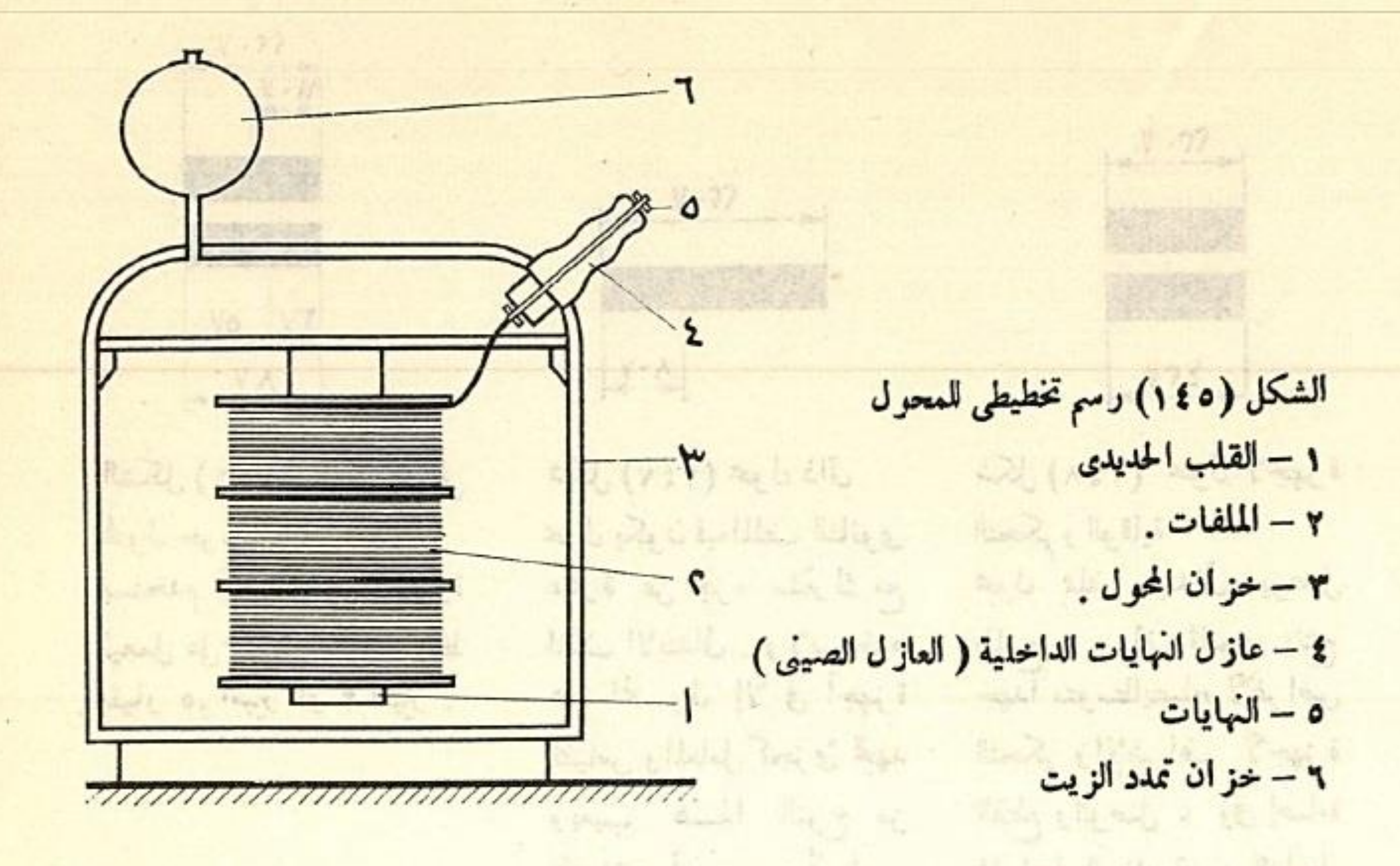
٣ – القلوب الحديدية (السيقان)

٤ – المقارن

الشكل (١٤٢)
لف عادى بشكل قرص
١ – القلب الحديدى (الساق)
٢ – الملفات الابتدائية .
٣ – الملفات الثانوية .

الشكل (١٤٣)
لف بشكل غرفة
١ – القلب الحديدى (الساق)
٢ – الملفات الابتدائية .
٣ – الملفات الثانوية .

الشكل (١٤٤)
لف بشكل طيات
١ – القلب الحديدى (الساق)
٢ – الملفات الابتدائية .
٣ – الملفات الثانوية .



الشكل (١٤٥) رسم تخطيطى للمحول

١ – القلب الحديدى

٢ – الملفات .

٣ – خزان المحول .

٤ – عازل النهايات الداخلية (العازل الصينى)

٥ – النهايات

٦ – خزان تمدد الزيت

أما شكل (١٤٥) فيبين أهم الأجزاء الرئيسية للمحول .

(ب) أنواع محولات القدرة :

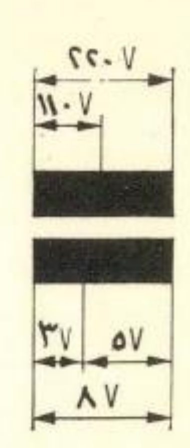
يمكن تقسيم محولات القدرة إلى :

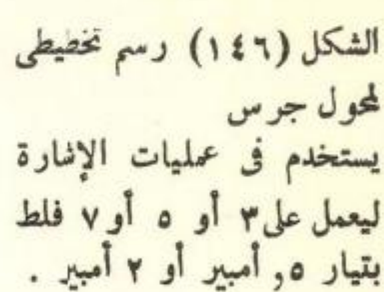
محولات وحيدة الطور : تصمم هذه المحولات بقدرات مختلفة لتلائم العمل فى نظم التوزيع بالجهد المنخفض ، كما تستخدم أحيانا فى نظم التوزيع بجهد عال . وتبين الأشكال من ١٤٦ إلى ١٥٠ بعض المحولات وحيدة الطور شائعة الاستعمال .

محولات ثلاثية الأطوار : تستخدم المحولات الثلاثية الأطوار ذات القدرة الكبيرة فى تغذية المصانع وكبار المستهلكين بالطاقة الكهربائية بعد تحويل جهد التغذية العالى إلى جهد منخفض . وهذا النوع من المحولات يستخدم بدلا من ثلاثة محولات وحيدة الطور .

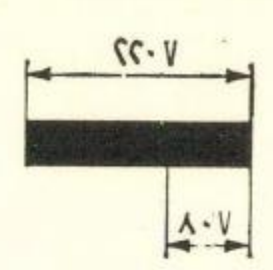
ويكثر استعمال المحولات التى تعمل على الجهود ١٠ ، ٢٠ ، ٣٠ ك.ف فى نظم الجهد العالى . أما فى الجهد المنخفض فتستعمل عادة المحولات التى تعمل على جهد ٠,٤ ك.ف .(٤٠٠ فلط) .

وهناك محولات ثلاثية الأطوار مصممة لكى تعمل فى نظم الجهد العالى حتى جهد ١١٠ ك.ف . أما بالنسبة للجهود التى تزيد على ذلك ، أى بالنسبة للجهود ٢٢٠ك.ف ، ٣٨٠ ك.ف ، فتستخدم عادة ثلاثة محولات وحيدة الطور ، أى بوضع محول بكل طور من الأطوار الثلاثية . ويبين شكل (١٥١) كيفية توصيل الدوائر الكهربائية المختلفة للمحولات ثلاثية الأطوار . وتعتمد طرق اختبار وتركيب وتوصيل المحولات ، على كيفية استخدامها ونوع شبكة التغذية التى سيوصل بها المحول ، كما تعتمد أيضا على نوع الحمل ومقداره .

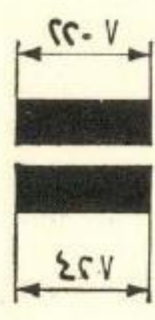




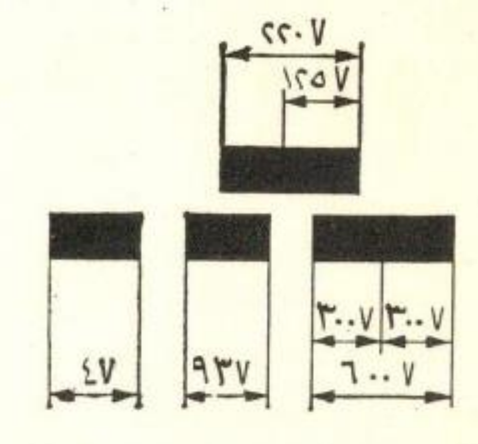
الشكل (١٤٦) رسم تخطيطى لمحول جرس
يستخدم فى عمليات الإشارة ليعمل على ٣ أو ٥ أو ٧ فلط بتيار ٥, أمبير أو ٢ أمبير .



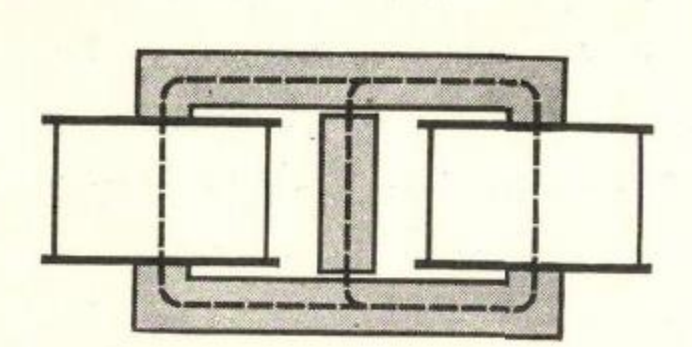
شكل (١٤٧) محول ذاتى
محول يكون فيه الملف الثانوى عبارة عن جزء مشترك مع الملف الابتدائى . ولايستخدم هذا المحـــول إلا فى أجهزة القياس والمعامل كمجزئ للجهد ويعيب هـــذا النوع من المحولات أن وجود أى قصر دائرة أو خطأ أرضى فيه يؤدى إلى تسليط كل الجهـــد على الأرض .



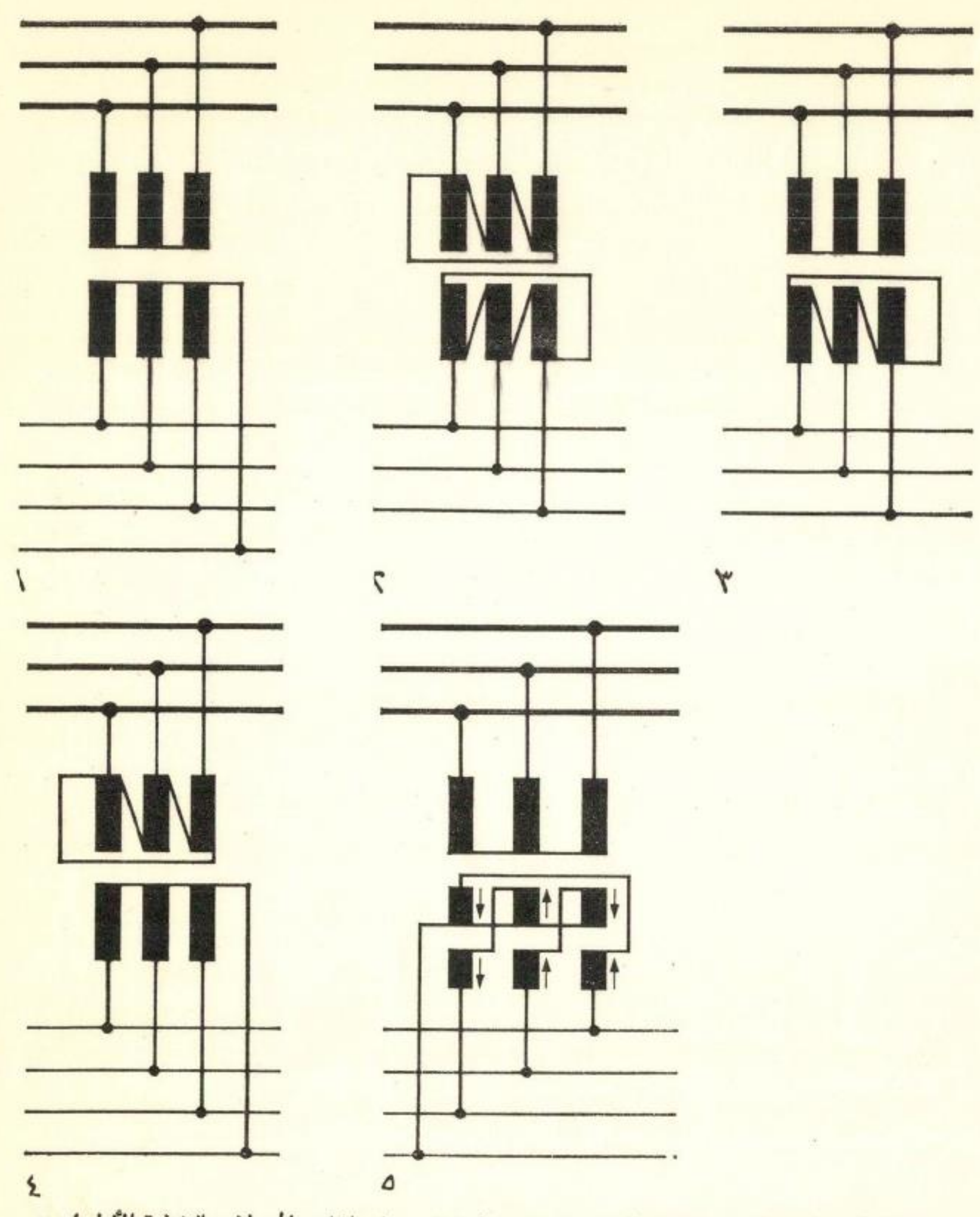
شكل (١٤٨) محول لأجهزة التحكم و الوقاية
محول بملف ابتدائى يوصل بالمنبع ، وملف ثانوى ينتج جهداً متوسطايصلح لأغراض التحكم والإشراف لأجهزة القطع والوصل ، وفى إضاءة المراجل البخارية من الداخل عند صيانتها أو إصلاحها . ويمتاز هذا المحول بأن جهده الثانوى لايؤدى إلى أى خطورة من الصدمات الكهربائية على الإنسان .



الشكل (١٤٩) محول بملفات ثانوية متعددة
محول يستخدم فى أجهزة الراديو والتليفزيون . يصمم للعمل على التيار المتردد ، له ملف ابتدائى وحيد – وعـــدة ملفات ثانوية – يستخدم بعضها لتسخين الصمامات الإلكترونية وصمامات التقويم ، ويستخدم البعض الآخر فى تغذية دوائر الأنود والشبكة .



الشكل (١٥٠) محول تسرب (محول جهد عال)
محول يستخدم فى عمليات اللحـــام وفى تشغيل المصابيح الفلورسنتيه ذات الجهدالعالى ، ويمكن فيها تغيير التدفق المغنطيسى لتغيير كثافة التيار المار فى المصابيح ، ويتم ذلك بتغيير موضع المقرن بالنسبة للقلوب الحديدية القابلة للحركة .



الشكل (١٥١) مجموعة من الرسومات تبين طرق توصيل ملفات المحولات الثلاثية الأطوار .

١ – توصيل الملفات الا بتدائية و الملفات الثانوية بتوصيلة النجمة .

٢ – توصل الملفات الابتدائية و الملفات الثانوية بتوصيلة دلتا .

٣ – توصل الملفات الابتدائية بتوصيلة النجمة بينما توصل الملفات الثانوية بتوصيلة دلتا .

٤ – توصل الملفات الابتدائية بتوصيلة دلتا بينما توصل الملفات الثانوية بتوصيلة النجمة .

٥ – توصل الملفات الابتدائية بتوصيلة النجمة بينما توصل الملفات الثانوية بالتوصيلة المتعرجة .

ومن أكثر الموصلات استخداما فى المحولات توصيلة النجمة ، وتوصيلة الدلتا . ولإجراء عمليـة توصيل الملفات بطريقة سليمة تعلم النهايات بحروف لتمييزها ، وفى العادة تعلم نهايات الملفات الابتدائية بحروف كبيرة ، بينما تعلم نهايات الملفات الثانوية بحروف صغيرة .

(٤٤) تبريد المحولات ووسائل الوقاية المستخدمة فيها :

(أ) تبريد المحولات :

تبرد المحولات عادة للتخلص من الحرارة الناتجة أثناء تشغيل المحول . وتزيد كمية الحرارة الناتجة فى المحول كلما زاد الفقد فى النحاس والفقد فى الحديد . وتستخدم عادة نظم التبريد بالزيت لتبريد المحولات ذات القدرة العالية والمتوسطة ، ويتم ذلك بإحدى الطريقتين الآتيتين :

١ – طريقة التبريد المفتوحة :

توضع المحولات داخل خزان من الزيت ، وعندما ترتفع درجة حرارة المحول يتمدد الزيت ويندفع جزء منه إلى وعاء ملحق بخزان الزيت يسمى وعاء التمدد يسمح فيه بانتشار الزيت الزائد ليبرد .

٢ – طريقة التبريد المغلقة :

وهى طريقة أخرى للتبريد بالزيت ، وفيها تجرى عملية التبريد باستخدام مضخات لسحب الزيت المحيط بالمحولات ، ودفعه داخل أنابيب تبرد من الخارج بالماء، ثم تقوم المضخات بعد ذلك بدفع الزيت إلى خزان المحول مرة ثانية بعد تبريده .

(ب) وسائل وقاية المحولات المبردة بالزيت :

تزود المحولات المبردة بالزيت بوسائل لوقايتها من التلف فى الأحوال الآتية :

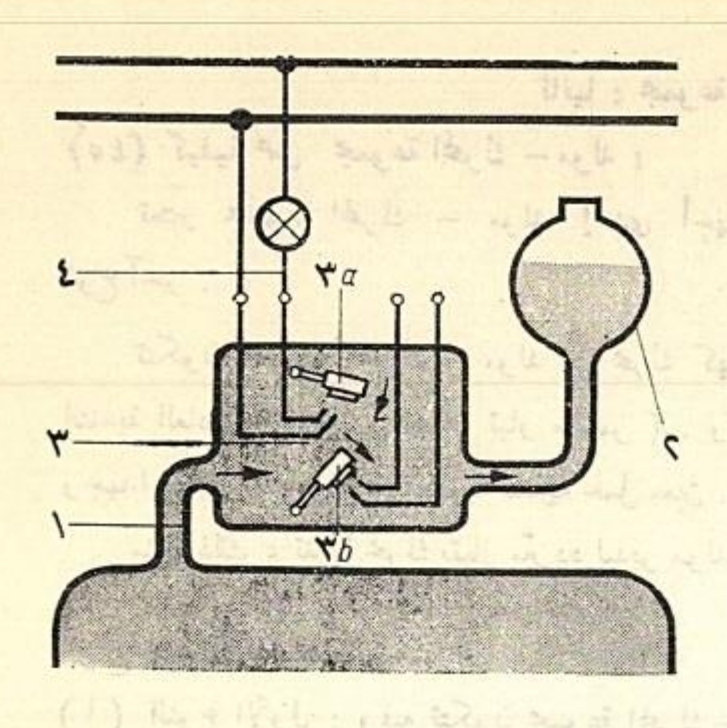
١ – زيادة درجة حرارة زيت المحول وسخونة أجزائه نتيجة لاستمرار الحمل الزائد .

٢ – وجود أخطاء كهربائية شديدة فى المحولات ، مثل تيارات قصر الدائرة . ومن أهم الوسائل لحماية المحولات « المرحل » (المرحلة) .

ويبين شكل (١٥٢) كيفية عمل مرحل لحماية المحول المبرد بالزيت .

كيفية عمل المرحل فى حالة استمرار الحمل الزائد أو ازدياد حرارة الزيت :

يوضع الملامسان العائمان (٣ ا ، ٣ ب) فى وعاء الزيت بطريقة معينة بحيث لا يقفلان الدائرة الكهربائية التى يوجد بها مصباح الإنذار (أو صفارة الإنذار) طوال عمل نظام التبريد بالزيت بطريقة عادية . أما فى حالة التحميل الزائد المستمر ، فإن الزيت يسخن ويتحلل بالتدريج ، وتنتج عن ذلك فقاعات تتصاعد إلى الجزء العلوى من خزان الزيت ، وتضغط هذه الفقاعات على الملامس العائم (٣ ا) فتدفعه إلى أسفل ، وبذلك تقفل دائرة مصباح الإنذار فيضىء .



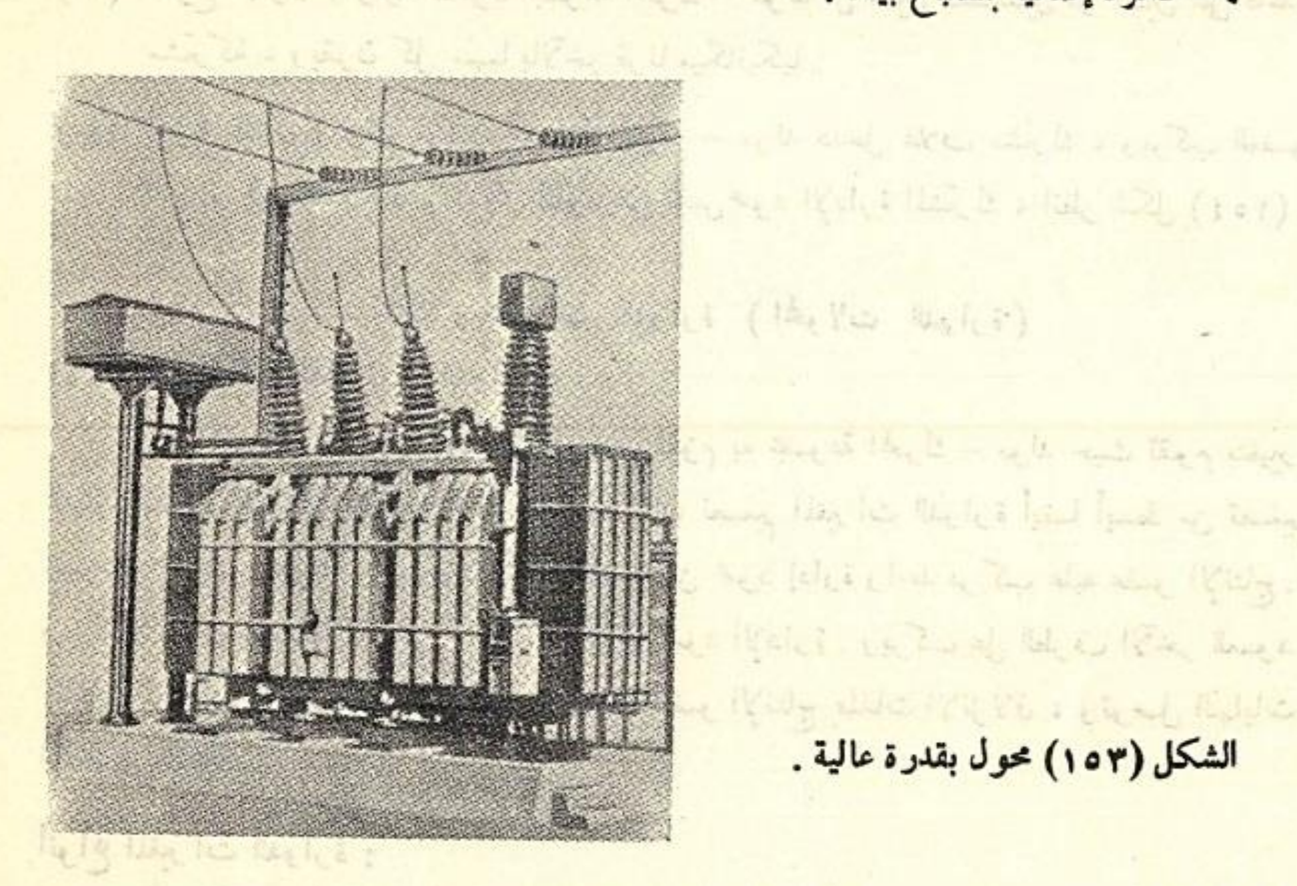
الشكل (١٥٢) أساس عمل وسيلة الحماية لمحول مبرد بالزيت .

١ – أنبوبة تغذية .

٢ – خزان تمدد بالزيت .

٣ – غرفة زيت بعوامتى توصيل (٣ا ، ٣ ب)

٤ – دائرة إضافية بمصباح بيان .



الشكل (١٥٣) محول بقدرة عالية .

كيفية عمل المرحل فى حالة وجود قصر دائرة فى المحول :

فى حالة وجود تيار قصر دائرة فى أى جزء ، أوفى أى توصيلة من توصيلات المحول مما يتسبب عنه تكون شرارة داخل المحول ، فإن هذه الشرارة تؤدى إلى تمدد الزيت فجأة فيندفع إلى وعاء التمدد ، وعندما يمتلىء الوعاء ، يضغط الزيت على الملامس العائم (٣ب) ويدفعه إلى أسفل . وينتج عن ذلك قفل الدائرة الكهربائية التى تقوم بفصل المحول أتوماتيكيا عن دوائر أو نظم تغذية الجهد العالى . ويبين شكل (١٥٣) محول قدرة عالية مزود بوسيلة من وسائل الحماية .

ثانيا : مجموعة المحرك - مولد

(٤٥) كيفية عمل مجموعة المحرك - مولد :

تعتبر مجموعة المحرك - مولد إحدى أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية من نوع معين إلى نوع آخر .

تتكون مجموعة المحرك - مولد من محرك كهربائى يغذى الطاقة الكهربائية عن طريق نظام التغذية العادى (تيار متردد أو تيار مستمر) . ويقــوم المحرك بإدارة مولد مصمم ليعطى تيارا وجهدا بنفس المواصفات المطلوبة لتغذية حمل معين .

مثال ذلك ، تغذية محرك بتيار متردد ليدير مولدا يعطى تيارا مستمرا .

أنواع مجموعة المحرك - مولد :

(ا) النوع الأول : وفيه تتكون مجموعة المحرك - مولد من آلتين منفصلتين مركبتين على قاعدة مشتركة ، ويقرن كل منهما بالآخر قرنا ميكانيكيا .

(ب) النوع الثانى : وفيه ترتب مجموعة المحرك - مولد داخل غلاف مشترك ، ويركب العضو الدوار للمحرك والعضو الدوار للمولد على نفس عمود الإدارة المشترك ، انظر شكل (١٥٤) .

ثالثا : المغيرات الدوارة (المحولات الدوارة)

(٤٦) كيفية عمل المغيرات الدوارة :

تقوم المغيرات الدوارة بنفس العمل الذى تقوم به مجموعة المحرك - مولد حيث تقوم بتغيير التيار المتردد إلى تيار مستمر أوالعكس ، غير أن تصميم المغيرات الدوارة أيضا أبسط من تصميم مجموعة المحرك - مولد . ويتكون المغير الدوار من عمود إدارة واحد مركب عليه عضو الإنتاج . ويركب المبدل (عضو التوحيد) على أحد طرفى عمود الإدارة . ويركب على الطرف الآخر للعمود حلقات انزلاق . وتوصل إحدى نهايات ملفات عضو الإنتاج بملفات الانزلاق ، وتوصل النهايات الأخرى بالمبدل .

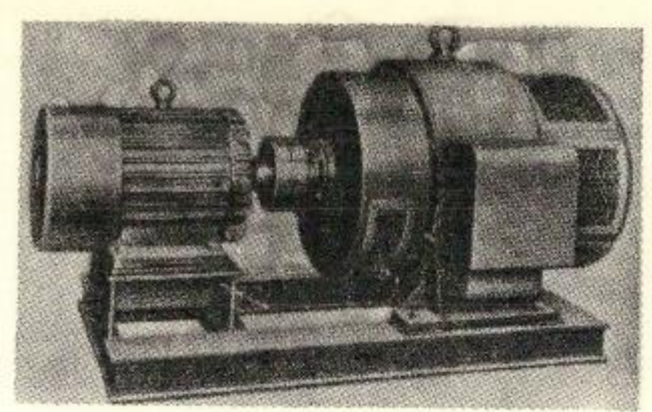
أنواع المغيرات الدوارة :

هناك نوعان من أنواع المغيرات الدوارة :

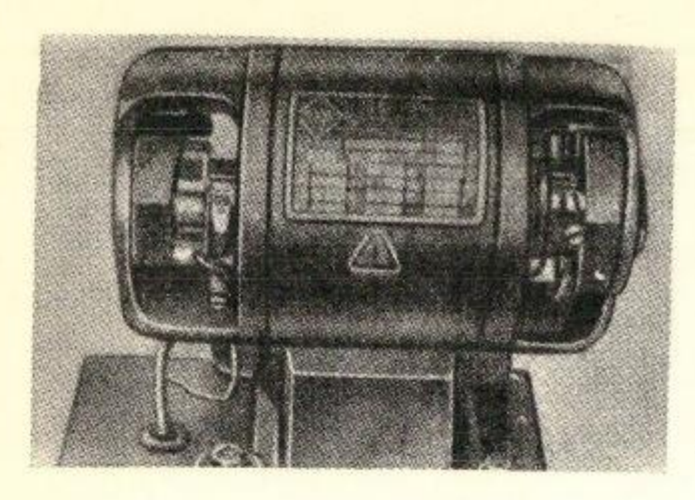
(ا) مغيرات دوارة عضو إنتاجها له ملف واحد يستخدم للدخل والخرج معا .

ويوجد بهذا الملف نقط توصيل بينية يمكن بواسطتها تحديد جهد الدخل الملائم لجهد المنبع ، كما يمكن أيضا تحديد جهد الخرج الملائم لحمل .

(ب) مغيرات دوارة لعضو إنتاجها ملفات ابتدائية (للدخل) وأخرى ثانوية (لخرج) منفصلة عن بعضها البعض كهربائيا .



الشكل (١٥٤) مجموعة محرك – مولد على قاعدة مشتركة .



الشكل (١٥٥) مغير تيار بعضو دوار .

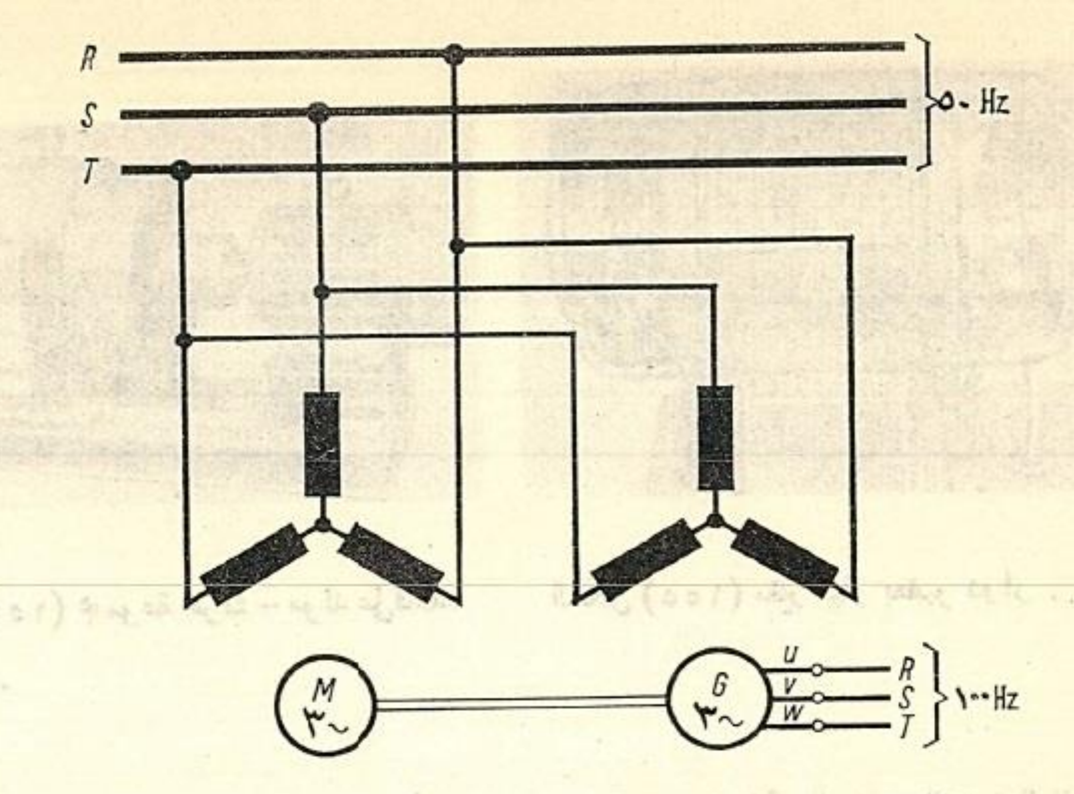
ومن عيوب هذه المغيرات الدوارة أنها لا تستخدم فى تغذية الأحمال ذات القدرة العالية ، حيث أن ملفاتها الثانوية غير قادرة على تغذية هذه الأحمال الكبيرة بجهود ثابتة . ويلزم فى مثل هذه الأحوال توصيل الملفات الثانوية للمغيرات الدوارة بمحول توافقى (أى يعمل على جعل الجهد ثابتا كلما أمكن) ، ليقوم بتغذية الأحمال بالجهود القياسية الثابتة المطلوبة . ويبين شكل (١٥٥) مغيرا دوارا من هذا النوع يستخدم فى عمليات الإشارة والإنذار .

رابعا – مغيرات التردد

(٤٧) كيفية عمل مغيرات التردد :

تستخدم مغيرات التردد فى توليد جهد له تردد يختلف عن تردد المنبع . فقد يكون تردد المنبع غير ملائم للادارة بسرعة دوران عالية تتناسب مع طبيعة الحمل . فمن المعروف أن سرعة دوران المحركات تتناسب تناسبا طرديا مع تردد الجهد الذى يغذيها ، كما أنها تتناسب تناسبا عكسيا مع عدد ازواج أقطابها . وعليه فإن أقصى سرعة دوران للمحركات الحثية لا يتعدى ٣٠٠٠ لفة / فى الدقيقة ، وذلك فى حالة تغذيتها بجهد له تردد ٥٠ ذبذبة فى الثانية . ولما كان هناك الكثير من عمليات التشغيل التى تتطلب سرعة دوران عالية لا تقل عن ٤٠٠٠ أو ٥٠٠٠ لفة فى الدقيقة مثل أعمال قطع الخشب وغيرها . لذلك تستخدم مغيرات التردد فى تزويد مثل هذه المحركات بجهد له تردد يزيد على ٥٠ ذبذبة فى الثانية حتى يمكن رفع الحد الأقصى لسرعة دوران المحركات إلى الحد المطلوب .

وتتركب مغيرات التردد عادة من مجموعة محرك حثى ثلاثى الأطوار ومولد حثى ثلاثى الأطوار أيضا . ويغذى المحرك والمولد بجهد له تردد ٥٠ ذبذبة فى الثانية .



الشكل (١٥٦) أساس عمل مغير التردد .

ونتيجة لتغذية العضو الساكن للمولد بجهد له تردد ٥٠ ذبذبة فإنه يتولد أيضاً بعضوه الدوار جهد دوار بتردد ٥٠ ذبذبة فى الثانية (عندما يكون العضو الدوار ساكناً) أما عندما يقوم المحرك بإدارة العضو الدوار للمولد بسرعة ٣٠٠٠ لفة فى لدقيقة وفى اتجاه عكس اتجاه دوران المجال الدوار الناتج فيه بالحث ، فإننا نحصل من المولد على جهد له تردد مساو لمجموع الترددين . ويبين شكل (١٥٦) أساس عمل مغير التردد .

خامسا : المقومات

(٤٨) أنواع المقومات وطريقة عملها :

سبق أن ذكرنا أن المغيرات الدوارة تستخدم لتحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر ولكن القدرة الكهربائية المحولة بهذه الطريقة تكون صغيرة نسبياً . لذلك تستخدم المقومات لتحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر ولكن بقدرات كبيرة .

وتقسم المقومات إلى :

(ا) مقومات ذات ملامسات ميكانيكية .

(ب) مقومات معدنية أو مقومات شبه موصلة .

(ج) مقومات بالتفريغ الغازى أو المقومات الصمامية .

(٤٩) المقومات ذات الملامسات الميكانيكية :

يستخدم هذا النوع من المقومات لتحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر، والعكس. وتتركب هذه المقومات (ذات الملامسات الميكانيكية) فى أبسط صورها من محرك له عمود إدارة لا مركزى بدور بسرعة ثابتة . يقوم هذا المحرك بفتح وقفل الملامسات الميكانيكية بطريقة معينة وبتوقيت مضبوط ، بحيث يسمح فقط للنصف الموجب من موجة التيار المتردد بالمرور فى الدائرة عند نفل الملامسات ، فى حين يمنع مرور النصف السالب . ولمنع حدوث أية شرارة أثناء عملية فتح الملامسات تستخدم عدة وسائل أهمها توصيل ملفات ذات ممانعة عالية على التوالى بهذه الملامسات ، كما يوصل على التوازى بهذه الملفات مكثفات ذات مقننات مناسبة (لمنع الشوشرة) . وتجب العناية باختيار لحظة فتح وقفل الملامسات بحيث يتم ذلك عند اللحظة التى تكون فيها قيمة التيار صفراً حتى لا تحدث الشرارة . ويكثر استخدام المقومات ذات الملامسات الميكانيكية فى عمليات التحليل الإلكتروليتى وعمليات المغنطة .

(٥٠) المقومات شبه الموصلة :

أمكن من زمن طويل معرفة الخاصية التى تتميز بها المواد شبه الموصلة، وهى السماح للتيار الكهربائى بالمرور خلالها فى اتجاه معين ، ومقاومتها الشديدة له عند مروره فى الاتجاه المضاد . وقد استخدمت هذه المواد بكثرة فى عملية تقويم التيار المتردد لتحويله إلى تيار مستمر . وازدادت أهمية هذه المواد وخاصة فى مجال هندسة القوى الكهربائية ، بعد اكتشاف المقومات المعدنية شبه الموصلة المصنوعة من الجرمانيوم والسيليكون . ومازالت المقومات المعدنية المصنوعة من السيلينيوم ، والمقومات المعدنية المصنوعة من أكسيد النحاسوز ، مستعملة بكثرة فى عملية تقويم التيار المتردد ، وتحويله إلى تيار مستمر . وتستخدم هذه المقومات عادة فى تغذية أجهزة القياس ، ومعدات شحن المراكم ، وأجهزة الراديو ، والتليفزيون ، والتليفون ، وغيرها من الأجهزة المختلفة . وفيما يلى وصف موجز لطريقة عمل المقومات شبه الموصلة .

طريقة التوصيل فى المقومات شبه الموصلة :

لشرح أساس عملية التقويم باستخدام المواد شبه الموصلة ، يمكن أن نأخذ مادة الجرمانيوم التى كمثل لهذه المواد شبه الموصلة .

من المعروف أن مادة الجرمانيوم لها تكوين بلورى خاص رباعى التكافؤ (به أربعة إلكترونات للربط) وأن مقاومتها النوعية عند درجة الصفر المطلق (– ٢٧٣°م) عالية جداً (لها قيمة لا نهائية) . وتقل مقاومة الجرمانيوم كلما ارتفعت درجة حرارته ، حيث أن ارتفاع درجة الحرارة يزيد من قابليته للتوصيل الكهربائى نتيجة لما يسمى بالإثارة الحرارية الذاتية التى تدفع إلكترونات الجرمانيوم للحركة . وحركة الإلكترونات الجرمانيوم أقل بكثير من حركة الإلكترونات الحرة فى المعادن .

الشكل (١٥٧) رسم تخطيطى يمثل مقوما شبه موصل
١ – بلورات من النوع N السالب التوصيل .
٢ – بلورات من النوع P الموجب التوصيل .
٣ – السطح الفاصل
٤ – الطبقة الفاصلة

فإذا حدثت إزاحة لأحد الإلكترونات فى منطقة أو جزء صغير من المادة شبه الموصلة ، فإن الإلكترونات تقل فى هذا الجزء ويصبح التركيب البلورى لهذه المادة فى ذلك الجزء مكوناً من ثقوب مكان الإلكترونات التى تركتها ، وتصبح لهذه الثقوب شحنة موجبة . وحيث أن المادة لا يمكن أن تبقى على هذه الحال ، أى أنه لا بد أن تحدث عملية تعادل للشحنات ، لذلك نجد أن حركة الإلكترونات (الشحنات السالبة) فى هذه المواد تأخذ اتجاهاً وحيداً منفصلا ، فى حين تتحرك الثقوب (الشحنات الموجبة) فى الاتجاه المضاد لحركة الإلكترونات . وعلى ذلك تنقسم طبيعة التوصيل داخل المادة شبه الموصلة إلى نوعين : الأول ينتج من حركة الإلكترونات فى الاتجاه المفضل ، ويطلق عليه التوصيل الإلكترونى أو التوصيل السالب . والثانى ينتج من حركة الثقوب فى الاتجاه المضاد،ويطلق عليه التوصيل بالثقوب أو التوصيل الموجب . وهذان النوعان من التوصيل لا فائدة لهما من ناحية الاستخدام العملية ، لأن حدوثهما يتم داخل مادة الجرمانيوم . وحيث أنهما متساويان فى القيمة ومتضادان فى الاتجاه ، فإن المادة تبدو وكأنها متعادلة من الناحية الكهربائية . وعلى ذلك فإن تغير المقاومة النوعية للمادة شبه الموصلة عند ارتفاع درجة حرارتها يرجع إلى هذين النوعين من التوصيل .

ومن الممكن تغيير ظاهرة تعادل الشحنتين السالبة والموجبة فى المادة شبه الموصلة بإضافة كمية صغيرة مضبوطة تماماً من مواد أخرى يطلق عليها اسم « شوائب » مثل الجاليوم والأنتيمون . فإذا أضيفت ذرة جاليوم ثلاثية التكافؤ بها ثلاث ذرات ترابط إلى الجرمانيوم الرباعى التكافؤ ، فإن هذا يؤدى إلى زيادة كثافة التوصيل الموجب فى الجرمانيوم عن كثافة التوصيل السالب . وتعرف المادة شبه الموصلة فى هذه الحالة بأنها مادة موجبة التوصيل من النوع (ب) (P) أما إذا أضيفت ذرة خماسية التكافؤ من مادة الأنتيمون إلى الجرمانيوم مكان ذرة الجاليوم ، فإن ذرة الأنتيمون تقوم بعملية « الدفع الإلكترونى » ، أو زيادة كثافة التوصيل السالب ، وبذلك ينقلب الجرمانيوم من حالة التوصيل الموجب « ب » (P) إلى حالة التوصيل السالب ، وتعرف المادة شبه الموصلة فى هذه الحالة بأنها مادة سالبة التوصيل من النوع « ن » (N) .

ويبين شكل (١٥٧) كيف تم عملية السماح للالكترونت بالمرور وكيف تم عملية إيقافها . فإذا كان لدينا مادة شبه موصلة مثل الجرمانيوم لها تكوين بلورى رباعى التكافؤ وقسمت

إلى جزءين أضيف إلى أحد الجزءين ذرة جاليوم ثلاثية التكافؤ وأضيف إلى الجزء الآخر ذرة أنتيمون خماسية التكافؤ فإن عملية التوصيل داخل المادة شبه الموصلة تصبح كالآتى :

يقوم الجزء الذى يحتوى على ذرة الجاليوم بمنع مرور الإلكترونات فى هذا الجزء لأنه أصبح موجب التوصيل من النوع « ب » نظراً لوجود ذرة ناقصة (حيث أن بها ثلاث ذرات ترابط فقط)، بينما يقوم الجزء الآخر الذى يوجد به ذرة الأنتيمون بالسماح بمرور الإلكترونات فى هذا الجزء، لأنه سالب التوصيل من النوع « ن » لوجود ذرة زائدة (حيث أن بها خمسة ذرات ترابط)، أما المنطقة الواقعة بين الجزء السالب التوصيل « ن » والجزء الموجب التوصيل « ب » فتستمر فيها عملية خروج الإلكترونات من الجزء « ن » إلى الجزء « ب » ، كما يتم فيها أيضاً خروج شحنات موجبة (ثقوب) من الجزء الموجب « ب » إلى الجزء السالب « ن » حتى تتكون منطقة متعادلة الشحنة لا يوجد بها أى شحنات سالبة أو موجبة ، تسمى المنطقة الفاصلة ، وأما الخط الذى يفصل بين الجزءين « ب » ، « ن » فيسمى الخط الحاجز .

وعندما توضع مثل هذه المادة فى دائرة تيار مستمر ، ويوصل القطب الموجب للتيار المستمر بالجزء الذى يوجد به بلورات من النوع « ن » (السالب التوصيل) فإن الإلكترونات الموجودة فى هذا الجزء تمر فوراً إلى الجزء « ب » كما أن إلكترونات التيار المستمر تمر أيضاً بسهولة إلى الجزء « ب » حتى تملأ الثقوب (أى حتى تتعادل الشحنة الموجبة الموجودة بالجزء « ب » وبذلك يستمر مرور التيار فى هذا الاتجاه) .

أما عند عكس عملية التوصيل بحيث يوصل القطب السالب بالجزء « ن » (السالب التوصيل) مكان القطب الموجب ، فإن مرور الإلكترونات يتوقف فوراً وتصبح المادة غير موصلة .

وعلى ذلك إذا أدخل المقوم شبه الموصل فى دائرة تيار متردد وتم توصيله بالكيفية السابقة فلا يمر التيار إلا فى أحد نصفى الدورة . وبهذه الكيفية تتم عملية تقويم التيار المتردد وتحويله إلى تيار مستمر بواسطة المواد شبه الموصلة .

وفيما يلى مسح لبعض المميزات الخاصة بأنواع المقومات المعدنية والمقومات شبه الموصلة المستخدمة فى عمليات تقويم التيار المتردد لتحويله إلى تيار مستمر .

المميزات	نوع المـادة			
	أكسيدالنحاسوز	السيلينيوم	الجرمانيوم	السيليكو ن
أقصى كثافة للتيار (بالأمبير/ سم^{2}) المـار فى المـادة شبه الموصلة				
بتهوية ذاتيـة	٠,٠٤	٠,٠٧	٤٠	٨٠
بتهوية منفصلة	٠,١٤	٠,٢	١١٠	٢٠٠
جهد التغذية (الجهد المعكوس)	٦	٢٥	١٠٠	٣٨٠
أقصى حد لدرجة حرارة التشغيل (م°)	٥٠°	٨٥°	٦٥°	١٤٠°
كفاءة الخليـة	٧٨	٩٢	٩٨,٥	٩٩,٦
المساحة النسبية المطلوبة حتى يمكن أن تعطى نفس قدرة الخرج بالنسبة لمـادة السيليكون	٣٠	١٥	٣	١

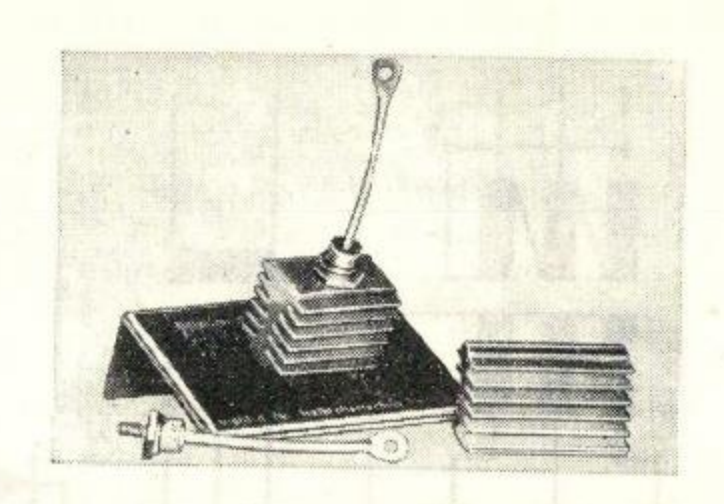
بالرجوع إلى هذا الجدول يتضح أن أهم بند يتعلق بهندسة القوى الكهربائية هو جهد التغذية (الجهد المعكوس) . حيث أن هذا الجهد يحدد عدد الخلايا شبه الموصلة التى يجب توصيلها ببعضها البعض ، لتلائم جهود التغذية المستخدمة فى هندسة القوى الكهربائية (١١٠ ، ٢٢٠ ، ٣٨٠ فلط) .

ويبين المثال التالى أهمية جهد تغذية المقوم .

مثال : عند تقويم تيار متردد بجهد ٢٢٠ فلط يلزم توصيل ٩ خلايا من المقومات السيلينيوم على التوالى لهذا الغرض، بينما يكتفى باستخدام خلية واحدة من خلايا السيليكون ذات التهوية المنفصلة.

وتستخدم حالياً خلايا السيليكون المبينة فى الشكل (١٥٨) فى عملية التقويم المستخدمة فى التحليل الكهربائى ، وفى أفران القوس الكهربائى ، وفى تغذية المحركات المستخدمة فى الجر الكهربائى ، وفى عمليات الإثارة المستخدمة فى المولدات المتزامنة . وكمصدر لتغذية أجهزة التحكم والإشراف بالتيار المستمر .

ويطلق اسم « المقومات الثنائية » على مثل هذه المقومات التى سبق شرحها، حيث أنها تقوم بنفس عملية التقويم التى تتم بواسطة الصمام الثنائى، ويصنع حالياً الكثير من المقومات شبه الموصلة. وتجهز المقومات بدوائر الترشيح والتنعيم لحصول على تيار مستمر منعم أملس ذى جهد ثابت باستخدام وسائل قياسية لضبط الجهد والتيار. ويتم صنع مثل هذه المقومات حالياً بطرق اقتصادية وسليمة .

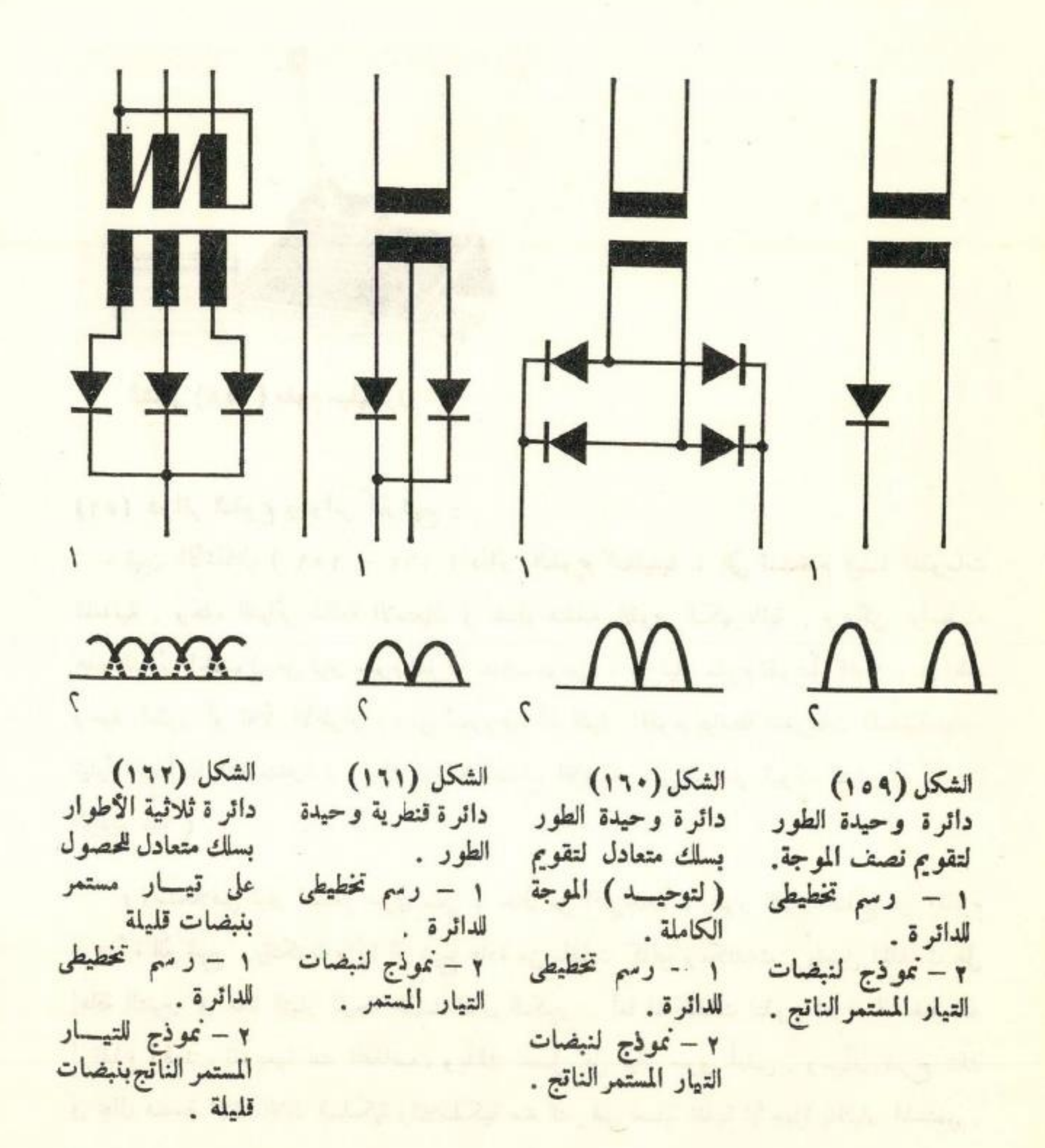


الشكل (١٥٨) مقوم سيليكونى

(٥١) دوائر التقويم ودوائر الترشيح :

تبين الأشكال (١٥٩ – ١٦٢) دوائر التقويم التقليدية ، التى تستخدم فيها المقومات المعدنية . وهذه الدوائر شائعة الاستعمال فى مجال هندسة القوى الكهربائية . ويمكن بواسطة هذه الدوائر الحصول على تيار مقوم تقويماً نصف موجى ، أو تيار مقوم تقويماً كاملا ، فى نظام وحيد الطور أو ثلاثى الأطوار . ومن المعروف أن التيار المقوم بواسطة المقومات المعدنية يعتبر تياراً نابضاً ذا شدة متغيرة ، ولذلك فهو لا يصلح للأغراض التى تستدعى ثبوت التيار (كأجهزة الراديو مثلا) .

ولاستخلاص تيار مستمر سوى منعم ، خال من التموجات ، يمرر التيار الناتج من المقوم فى دائرة الترشيح . وتتكون دائرة الترشيح عادة من ملفات كابحة ومكثفات . وتعمل الملفات على إعاقة التغيير فى شدة التيار نتيجة لحثها الذاتى الكبير . أما المكثفات فتقوم بخزن الشحنة عند ارتفاع الجهد وتفريغها عند انخفاضه، وبذلك نحصل على تيار سوى أملس . وسيأتى شرح ذلك فى مجال هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية عند التعرض لعملية تغذية الأجهزة بالتيار المستمر .



الشكل (١٥٩)
دائرة وحيدة الطور لتقويم نصف الموجة.
١ – رسم تخطيطي للدائرة .
٢ – نموذج لنبضات التيار المستمر الناتج .

الشكل (١٦٠)
دائرة وحيدة الطور بسلك متعادل لتقويم (لتوحيد) الموجة الكاملة .
١ – رسم تخطيطي للدائرة .
٢ – نموذج لنبضات التيار المستمر الناتج .

الشكل (١٦١)
دائرة قنطرية وحيدة الطور .
١ – رسم تخطيطي للدائرة .
٢ – نموذج لنبضات التيار المستمر .

الشكل (١٦٢)
دائرة ثلاثية الأطوار بسلك متعادل للحصول على تيار مستمر بنبضات قليلة
١ – رسم تخطيطي للدائرة .
٢ – نموذج للتيار المستمر الناتج بنبضات قليلة .

الباب السادس

أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ميكانيكية

تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية بواسطة المحركات أو المغنطيسات الرافعة .

المحركات الكهربائية

(٥٢) تصنيف المحركات :

يتم تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية عادة بواسطة آلات دوارة يطلق عليها اسم المحركات . تغذى هذه المحركات بالطاقة الكهربائية ، ونحصل على الطاقة الميكانيكية المطلوبة نتيجة لدوران العضو الدوار للمحرك . وقد استخدمت المحركات فى بادئ الأمر بحيث يكون لكل آلة إنتاج محرك منفصل ، ثم أدخل العديد من التحسينات على أداء المحرك ، بحيث أصبح المحرك الواحد يقوم بإدارة أكثر من آلة إنتاج . وفى الوقت الحالى تستخدم عدة محركات لتقوم بإدارة أكثر من عمود تشغيل فى ماكينة إنتاج واحدة ، ويطلق عليها اسم « الماكينات ذات الأعمدة المتعددة » .

وفى هذه الماكينة يمكن أن يقوم كل محرك بإنتاج جزء يختلف عن الجزء الذى ينتجه المحرك الآخر . ولاختيار نوع من أنواع المحركات الكهربائية المختلفة ليلائم حملا معيناً له ظروف تشغيل خاصة ، يجب مراعاة الاعتبارات الآتية :

١ – نوع الجهد الذى يعمل عليه الحمل وقيمة هذا الجهد .

٢ – نوع التيار وشدته (تيار مستمر أو تيار متردد) .

٣ – نوع الحمل والقدرة اللازمة له ، والسرعة الملائمة لأدائه ونوع الخدمة المطلوبة .

ويعتبر البند الثالث أكثر البنود أهمية عند اختيار المحرك المناسب للحمل . لذلك تقسم المحركات تبعاً للمتطلبات اللازم توفرها فى المحركات لتلائم الأحمال المختلفة تبعاً لما يلى :

(ا) نوع الخدمة التى يمكن أن يعمل على أساسها المحرك .

(ب) نوع الوقاية التى يجب توافرها بالمحرك ليلائم التشغيل مع الأحمال المختلفة .

(ج) تصميم المحرك وطريقة تثبيته .

(د) سرعة المحرك وطريقة تغير السرعة بتغير الحمل .

(٥٣) تصنيف المحركات تبعا لنوع الخدمة :

يعرف نوع الخدمة للمحرك بأنه الأداء الذى يجب أن يقوم به المحرك فى زمن تشغيل معين ، ليناسب الحمل . على ألا تتعدى درجة حرارة المحرك فى نهاية فترة التشغيل الحد الأقصى لدرجة الحرارة المسموح بهـا والتى إذا زادت عنه قد تؤدى إلى تلف المحرك .

وتنقسم المحركات تبعاً لنوع الخدمة إلى :

(أ) محركات بخدمة مستمرة :

تعتبر المحركات بخدمة مستمرة أهم مجموعة المحركات على الإطلاق . وتصمم هذه المحركات بحيث لا يتعدى الحد الأقصى لارتفاع درجة حرارة المحرك إذا استمر تشغيله بصفة مستمرة الحد المسموح به ، والذى قد يؤدى إلى تلفه .

ولا يعيب هذه المحركات سوى ارتفاع ثمن تصنيعها . ويبين شكل (١٦٣) طريقة أداء أحد هذه المحركات .

(ب) محركات بخدمة لفترة قصيرة :

تصمم هذه المحركات بحيث لا يتعدى الحد الأقصى لارتفاع درجة الحرارة فيهـا عن قيمة معينة عند تشغيلها لفترة زمنية محددة . ويراعى فى هذه الحالة أن يكون طول الفترة الزمنية التى تلى عملية التشغيل ، والتى يبقى فيهـا المحرك ساكناً بدون عمل ، كافياً لتبريد المحرك أو الآلـة بحيث تعود درجة حرارتهـا إلى درجة حرارة الحجرة (باستخدام وسط مبرد أو بدونه) . ويبين شكل (١٦٤) طريقة أداء أحد هذه المحركات .

(ج) محركات تعمل بصفة مستمرة غير أن تحميلها لا يستغرق إلا فترات قصيرة فقط :

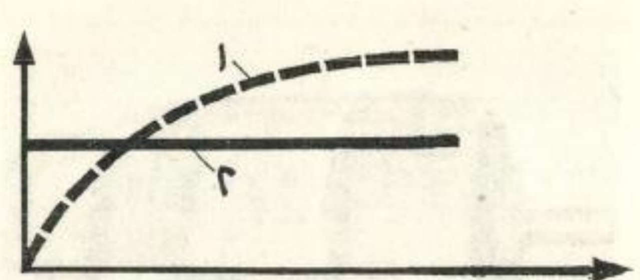
هذه المحركات يتم تحميلها لفترات قصيرة كما فى النوع السابق ، إلا أنهـا تختلف عن محركات الخدمة لفترة قصيرة ، من حيث أن هذه المحركات تستمر فى الدوران بدون حمل خلال فترات عدم التحميل .

ويبين شكل (١٦٥) طريقة أداء أحد هذه المحركات .

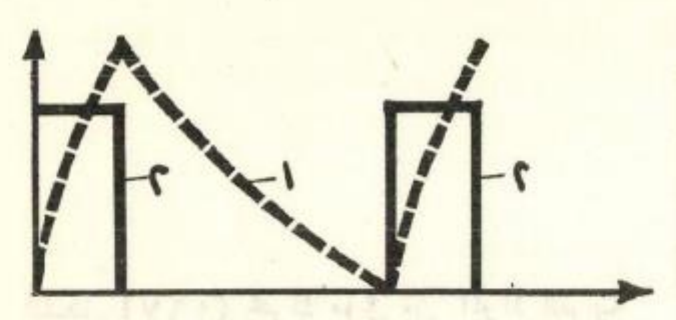
(د) محركات بخدمة متقطعة :

يتم تحميل هذه المحركات بنفس الكيفية التى تحمل بهـا محركات الخدمة لفترة قصيرة ، غير أنه فى هذه **الحالة** يكون طول الفترة الزمنية التى تلى فترة التشغيل ، والتى تبقى فيهـا المحركات ساكنة بدون عمل ، غير كاف لإعطاء المحركات فرصة لكى تبرد وتعود درجة حرارتهـا إلى درجة حرارة الحجرة . وينطبق على هذه المحركات نفس مميزات وخواص المحركات التى تعمل بصفة مستمرة ، إلا أن تحميلها لا يستغرق إلا فترات قصيرة فقط .

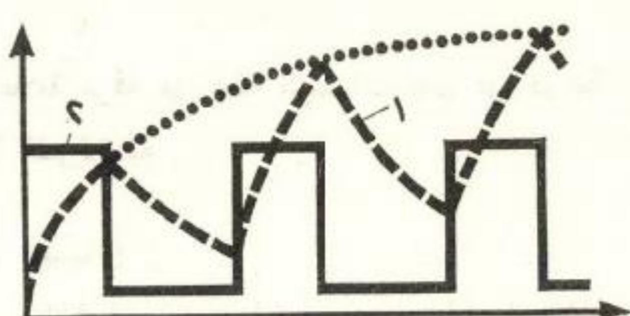
ويبين الشكل (١٦٦) طريقة أداء أحد هذه المحركات .



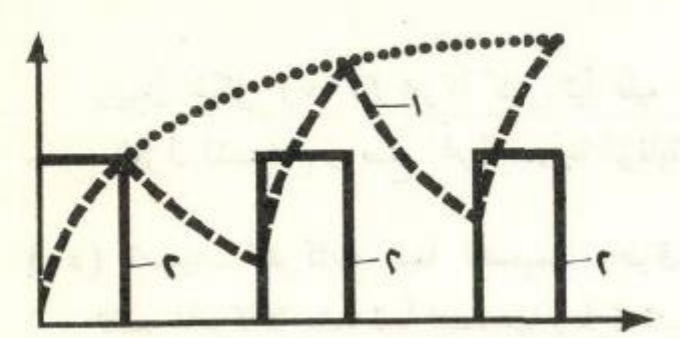
الشكل (١٦٣) تشغيل بحمل مستمر
١ – حدود ارتفاع درجة الحرارة .
٢ – تحميل مستمر .



الشكل (١٦٤) تشغيل بحمل بفترة قصيرة
١ – حدود ارتفاع درجة الحرارة .
٢ – طريقة التحميل .



الشكل (١٦٥) تشغيل مستمر مع تحميل لفترة قصيرة
١ – حدود درجة الحرارة .
٢ – طريقة التحميل .



الشكل (١٦٦) تشغيل بتحميل بطريقة متقطعة
١ – حدود درجة الحرارة .
٢ – طريقة التحميل .

(٥٤) تصنيف المحركات تبعا لدرجة الوقاية المتوفرة فيها :

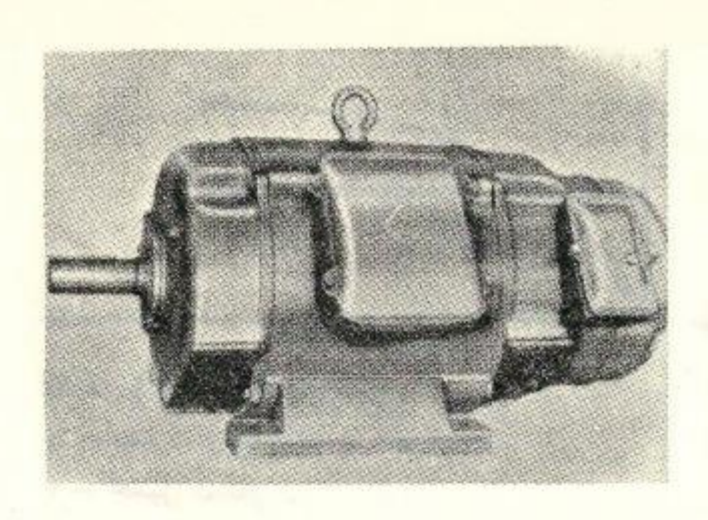
تصنف المحركات تبعاً لنوع الوقاية المتوفرة فيها كالآتى :

١ – محركات مزودة بوسائل لوقاية الأفراد من الصدمات الكهربائية .
٢ – محركات مزودة بوسائل للوقاية من دخول الماء والرطوبة إليها .
٣ – محركات مزودة بوسائل للوقاية من دخول الأتربة والمواد الغريبة إليها .

ولكل نوع من أنواع الوقاية رمز أو علامة تدل عليه ، وتوضح هذه العلامة على المحرك من الخارج .

ويبين الجدول التالى المميزات التى تتمتع بها المحركات تبعاً لدرجة الحماية المتوفرة فيها .

الوقاية من المواد الغريبة	الوقاية من الصدمات الكهربائية	الوقاية من الماء والرطوبة
تتم وقاية المحرك الذى يحمل هذا الرمز من دخول الجسيمات التى يصل قطرها حتى ٥٠ م إلى المحرك .أو دخول الجسيمات التى يصل قطرها ٨ م أو الغبار الخشن أو أى أتربة الأخرى .	يتم وقاية المحرك الذى يحمل هذا الرمز بحيث لا يسمح بلمس أى مساحة كبيرة منه بالأصبع أو بالأدوات أو ما شابه ذلك أو بأى وسيلة أخرى من وسائل اللمس .	يتم وقاية المحرك الذى يحمل هذا الرمز من الماء المتناثر (الطرطشة).ومن الماء المندفع، ومن ماء الرش ، ومن الماء المضغوط (النافورى) ومن الماء عموماً

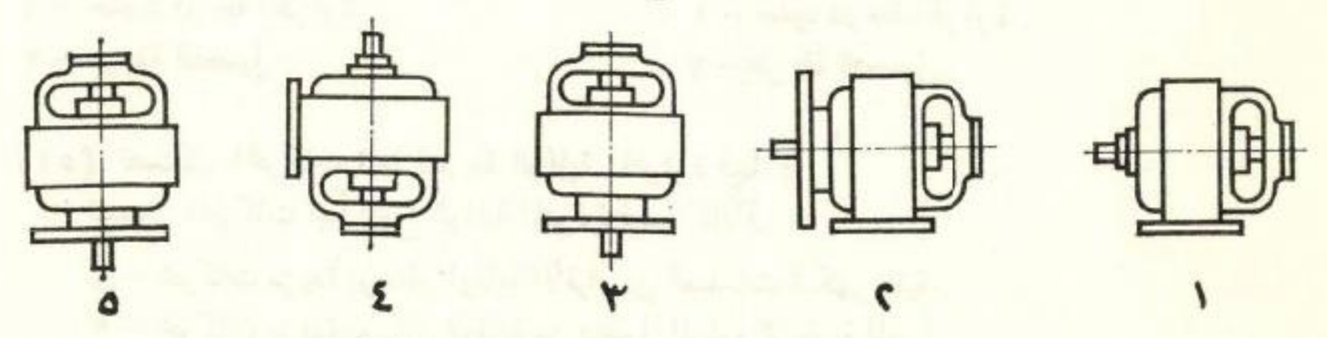


الشكل (١٦٧) محرك موقى من المواد الغريبة أو الجسيمات المتوسطة الحجم ، ومن وصول الأصابع إلى داخله

ويبين شكل (١٦٧) محركاً كهربائياً عليه علامة مرقة على غطاء النهايات تدل على درجة ونوع العزل المستخدم فى صنع المحرك ودرجة الوقاية المتوفرة فيه .

(٥٥) تصنيف المحركات تبعا لتصميمها وطرق تثبيتها :

تقسم المحركات عادة تبعاً لتصميمها وطرق تثبيتها لتناسب نوع الحمل . ويبين الجدول التالى الطرق المختلفة لكيفية تركيب وتثبيت أكثر أنواع المحركات شيوعاً والرقم المميز لكل منها .



الشكل (١٦٨) الجدول المرفق يبين خصائص كل نوع من هذه المحركات

(٥٦) تصنيف المحركات تبعا لتغير سرعتها بتغير الحمل :

تقسم المحركات تبعاً لتغير سرعتها نتيجة لزيادة أو نقص الحمل إلى :

١ — محركات ذات سرعة دوران ثابتة لا تتغير سرعتها بتغير الحمل .

٢ — محركات ذات سرعة دوران تتغير تبعاً لزيادة أو نقص الحمل ، ويطلق عليها «محركات بسرعة محكومة بالحمل» .

أولا — المحركات ذات السرعة الثابتة :

يوجد الكثير من محركات التيار المتردد ومحركات التيار المستمر ذات السرعة الثابتة التى لا تتغير بتغير الحمل . وقبل أن نتعرض لمحركات التيار المتردد بسرعة ثابتة ، يجب أولا أن نعرف ما تعنيه سرعة المجال الدوار للتيار المتردد .

التصميم	أنواع المحركات ١	٢	٣	٤	٥
تصميم كراسى التحميل	يحمل العضو الدوار على كرسيين من كراسى التحميل .	يحمل العضو الدوار على كرسيين من كراسى التحميل .	يحمل العضو الدوار على كرسيين من كراسى التحميل .	يحمل العضو الدوار على كرسيين من كراسى التحميل .	يحمل العضو الدوار على كرسيين من كراسى التحميل .
تصميم الاطار والغلاف	يوجد للإطار أرجل تثبيت .	يوجد للإطار أرجل تثبيت .	الإطار بدون أرجل تثبيت .	الإطار بدون أرجل تثبيت .	الإطار بدون أرجل تثبيت .
تصميم عمود الإدارة	عمود الإدارة حر الحركة من الطرفين .	عمود الإدارة حر الحركة من الطرفين .	عمود الإدارة حر الحركة من النهاية السفلى .	عمود الإدارة حر الحركة من النهاية العليا .	عمود الإدارة حر الحركة من النهاية السفلى .
التصميم العام	يمكن تركيب المحرك بواسطة أرجل التثبيت .	للمحرك ألواح وصل ملاصقة لكراسى التحميل بحيث يمكن وصل المحرك بأى محرك جانبى .	للمحرك ألواح وصل ملاصقة لكراسى التحميل بحيث يمكن وصل المحرك بأى محرك جانبى .	للمحرك ألواح وصل ملاصقة لكراسى التحميل بحيث يمكن وصل المحرك بأى محرك جانبى .	للمحرك ألواح وصل ملاصقة لكراسى التحميل بحيث يمكن وصل المحرك بأى محرك جانبى .
كيفية تثبيت المحرك	يمكن تثبيت المحرك على القاعدة أو على قضبان منزلقة .	يثبت على حوامل لإمكان تركيبها على ألواح ربط .	يمكن تثبيت المحرك على ألواح ربط سفلية .	يمكن تثبيته بواسطة ألواح ربط علوية .	يمكن تثبيته بالحائط عن طريق أرجل التثبيت .

ويتضح من شكل (١٦٨) أن توحيد الطرق المختلفة المتبعة فى تركيب المحركات يؤدى إلى تسهيل التبادلية واستخدام محرك من نوع معين مكان محرك من نوع آخر .

سرعة المجال الدوار وكيفية تولد عزم الدوران فى محركات التيار المتردد :

يمكن حساب سرعة المجال الدوار لأى محرك ، بمعرفة تردد جهد المنبع ، وعدد أزواج الأقطاب فى المحرك أو المولد ، من المعادلة الآتية :

$$ن = \frac{٦٠ \times ف}{ق}$$

حيث ف تردد المنبع ،

ق عدد أزواج الأقطاب ،

ن عدد دورات الآلـة فى الدقيقة .

ويتم توليد عزم الدوران للمحرك عند توصيل العضو الساكن بالمنبع ، حيث يتولد بالحث فى العضو الدوار جهد لـه قيمة معينة يؤدى إلى وجود مجـال مغنطيسى بالعضو الدوار .

ويتولد عزم الدوران المطلوب نتيجة لتفاعل المجال المغنطيسى الموجود فى العضو الساكن مع المجال المغنطيسى المتولد بالحث فى العضو الدوار . وكلما زادت سرعة العضو الدوار ، يقل الجهد المتولد بالحث فيه ، حتى يصل هذا الجهد إلى الصفر ، ولا تحدث هذه الحالة الأخيرة إلا إذا دار بسرعة مساوية تماماً لسرعة المجال الدوار فى العضو الساكن.وتسمى سرعة المحرك فى هذه الحالة الأخيرة السرعة المتزامنة . غير أن سرعة العضو الدوار لا يمكن أن نصل إلى هذه السرعة فى المحركات اللاتزامنية ، نتيجة لوجود قوى الاحتكاك فى كراسى التحميل. ويجب التنويه هنا بأن قيمة النقص فى سرعة دوران العضو ، الدوار عن سرعة المجال ، منسوبة إلى سرعة المجال ، تسمى « الانزلاق ». وتتراوح قيمة الانزلاق بين ٢٪ ، ٦٪ من سرعة المجال الدوار . ويقال فى هذه الحالة أن العضو الدوار يدور بسرعة لاتزامنية .

وفيما يلى جدول يبين سرعة العضو الدوار لبعض الآلات اللاتزامنية ، بالمقارنة بسرعة المجال ، عندما يكون عدد أزواج الأقطاب ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ :

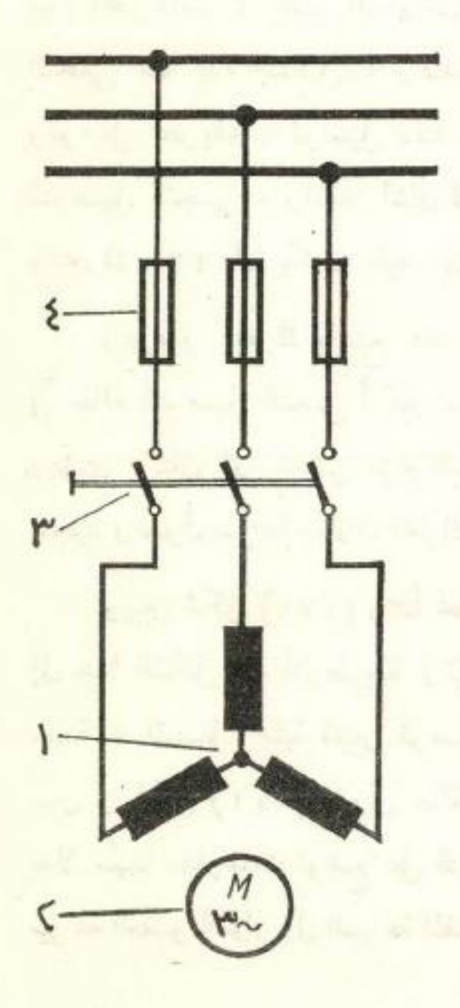
عدد أزواج الأقـطاب	١	٢	٣	٤
سرعة المجال (لفة فى الدقيقة)	٣٠٠٠	١٥٠٠	١٠٠٠	٧٥٠
السرعة المقننة للعضو الدوار (لفة فى الدقيقة)	٢٨٧٥	١٤٢٥	٩٢٥	٧٢٠

وفيما يلى شرح مبسط لأهم أنواع المحركات ذات السرعة الثابتة .

(٥٧) محركات ثلاثية الأطوار بعضو دوار على هيئة قفص سنجابى :

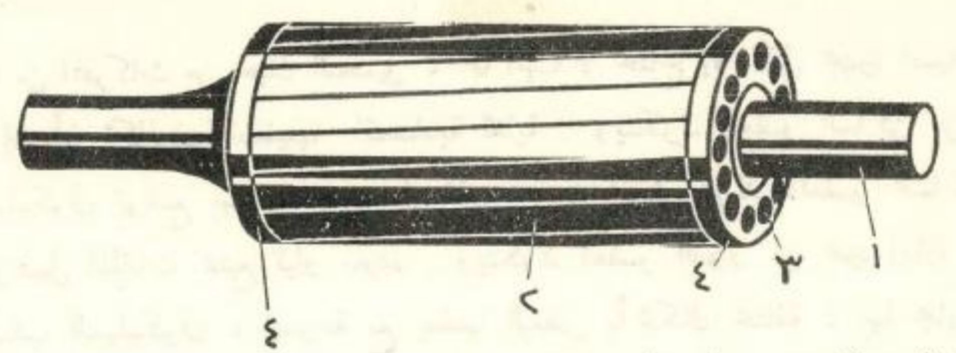
الشكل (١٦٩) لمحرك ثلاثى الأطوار حثى بعضو دوار على هيئة قفص سنجابى . هذا النوع من المحركات يعتبر أكثر أنواع المحركات استخداماً فى إدارة آلات الإنتاج.وتتميز هذه المحركات بتصميم

يفوق ما عداها من المحركات من حيث التحميل ، كما أنهـا لا تحتاج إلا لأقل مجهود لصيانتهـا ، هذا بالإضافة إلى أن تكاليف تصنيعها اقتصادية للغاية . ويتكون العضو الساكن من شرائح من الحديد السيليكونى توضع بهـا الملفات بطريقة معينة ، بحيث يتولد بالعضو الساكن مجال دوار بمجرد توصيل الملفات بمنبع تيار متردد . ويتكون العضو الدوار من عمود إدارة ، عليه شرائح من الصلب السيليكونى ، مجموعة مع بعضها البعض بأشكال مختلفة ، بها مجار توضع بداخلها قضبان موصلة (من الألومنيوم أو النحاس) . وتوصل نهـايات القضبان ببعضها البعض بواسطة حلقتين موصلتين لتقصير دائرة هذه القضبان كما هو مبين بالشكل (١٧٠). وينتج عزم الدوران من تفاعل المجال المغنطيسى الدوار فى العضو الساكن مع المجال المغنطيسى المتولد بالحث فى قضبان العضو الدوار . ويتم اختيار مقطع هذه القضبان الموصلة بحيث يبقى تيار بدء التشغيل أقل ما يمكن ، مع المحافظة على بقاء عزم الدوران ثابتاً عند التحميل . وتتميز هذه المحركات بعزم بدء تشغيل عال ، وبسرعة دوران ثابتة ، تعتمد على سرعة المجال الدوار . غير أنه يعيب هذه المحركات زيادة شدة تيار بدء التشغيل حتى إنه يصل فى بعض الأحيان إلى خمسة أو ستة أضعاف التيار المقنن . وقد تؤدى زيادة شدة تيار بدء التشغيل إلى تلف الملفات أو حرقها . ولذلك يفضل تقليل تيار بدء التشغيل ، كلما أمكن ذلك . وفيما يلى موجز لكيفية توصيل هذه المحركات بالمنبع عند بدء تشغيلها لتقليل تيار بدء التشغيل .



الشكل (١٦٩) دائرة توصيل محرك ثلاثى الأطوار لا متزامن بعضو دوار على هيئة قفص سنجاب .

١ – ملفات العضو الساكن .
٢ – العضو الدوار .
٣ – مفتاح تحكم ثلاثى الأقطاب .
٤ – مصاهر .



الشكل (١٧٠) عضو دوار على هيئة قفص سنجاب

١ – عمود الإدارة ٢ – الشرائح الحديدية .

٣ – القضبان الموصلة . ٤ – حلقات لتقصير دائرة القضبان الموصلة .

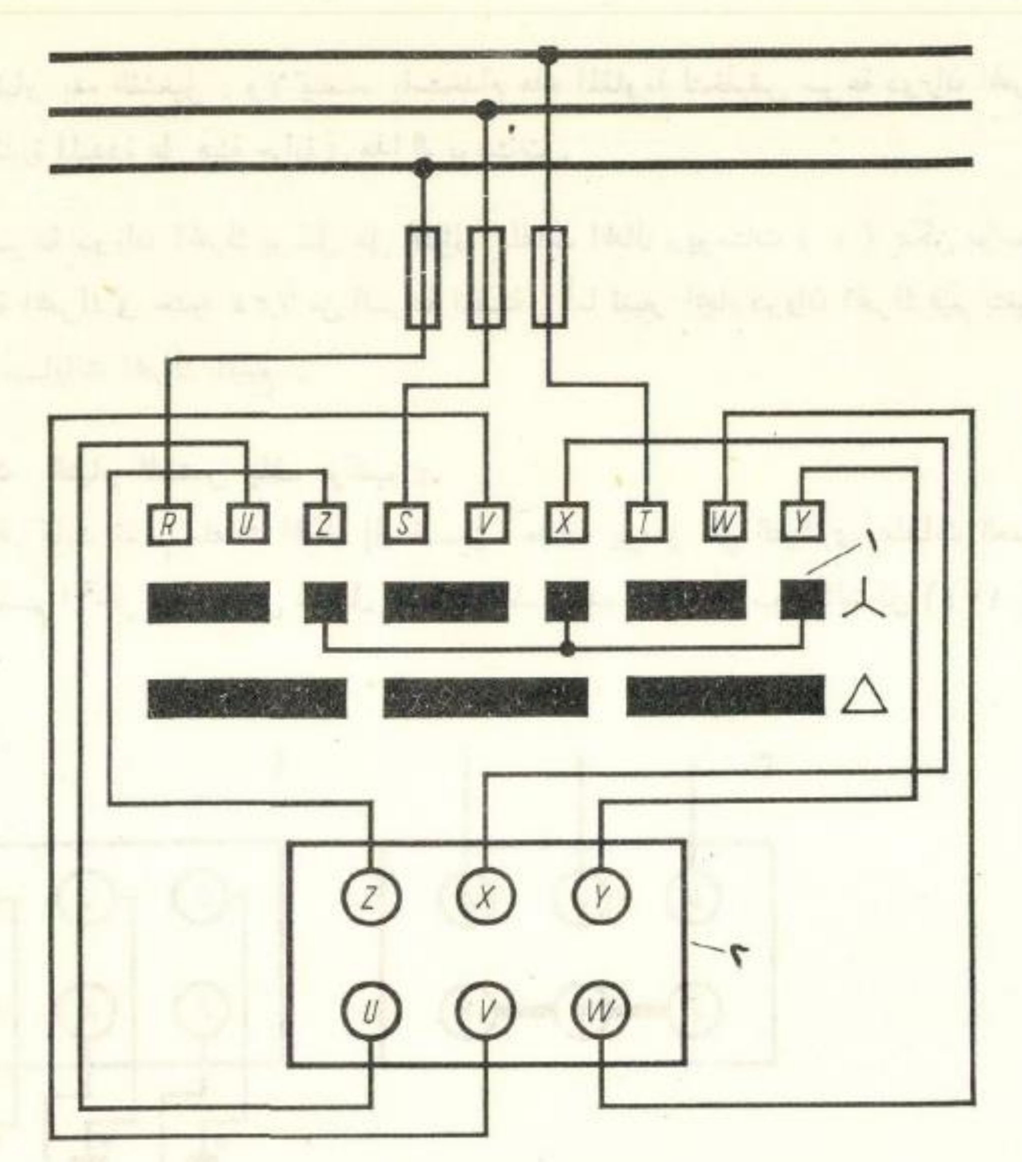
طرق توصيل المحركات الثلاثية الأطوار ذات القفص السنجابي بالمنبع عند بدء التشغيل :

المحركات التى لا تتعدى قدرتها المقننة ٣ كيلووات ، توصل مباشرة بالمنبع ، حيث أن تيار بدء التشغيل لهذه المحركات لا يتعدى ٤٨ أمبير إذا كان جهد المنبع ٣٨٠ فلط .

أما فى المحركات التى تتعدى قدرتها ٣ كيلووات ، فيفضل استخدام وسيلة مناسبة لتخفيض تيار بدء التشغيل عند توصيلها بالمنبع ، كوسيلة النجمة – دلتا مثلا . ويلاحظ فى هذه الحالة أن استخدام مثل هذه الوسائل يؤدى بالتالى إلى خفض عزم الدوران . ولتوصيل وسيلة بدء التشغيل ، النجمة – دلتا بهذه المحركات ، يجب أن ترتب ملفات هذه المحركات بحيث يمكن توصيلها بطريقة التوصيل النجمى عند بدء التشغيل ، وعندما تصل سرعة المحرك إلى السرعة المقننة يلغى التوصيل النجمى وتوصل بطريقة « توصيل دلتا » ويكتب على مثل هذه المحركات مقننان للجهد ، المقنن الأول للتوصيل النجمى ، والمقنن الثانى للتوصيل دلتا . فالمحرك ٣٨٠ فلط يكتب عليه ٣٨٠/٦٦٠ فلط ، والمحرك ٢٢٠ فلط يكتب عليه ٢٢٠/٣٨٠ فلط .

ويوصل المحرك بالمنبع عند بدء التشغيل بالتوصيل النجمى ، لأن مقاومة العضو الساكن فى حالة التوصيل النجمى أكبر منها فى حالة التوصيل دلتا . وهذا يقلل من تيار بدء التشغيل ، ويؤدى بالتالى إلى خفض عزم الدوران . ولذلك يفضل تحويل التوصيل النجمى إلى توصيل دلتا بمجرد وصول سرعة دوران المحرك إلى السرعة المقننة .

ويبين شكل (١٧١) رسماً تخطيطياً لدائرة التوصيل النجمة – دلتا لأحد المحركات . وبالرجوع إلى هذا الشكل نجد أن طريقة ترتيب الملفات للمحرك ، وكيفية ترقيم لوحة النهايات تتم بطريقة معينة ، لتسهيل عملية تغيير توصيل هذه الملفات من التوصيل النجمى إلى توصيل دلتا ، كما هو مبين فى شكل (١٧٢) . وفى حالة تعذر استخدام هذه الطريقة لبدء تشغيل بعض المحركات تستخدم بدلا منها مقاومات توضع على التوالى مع ملفات المحرك عند بدء التشغيل ، ويتم فصلها عندما تصل سرعة العضو الدوار إلى السرعة المقننة .



الشكل (١٧١) أساس عمل مفتاح التوصيل النجمة —دلتا

١ – ملامسات بشكل قناطر ٢ – علبة توصيل نهايات المحرك

ويلاحظ فى هذه الحالة عدم تحميل المحركات عند بدء تشغيلها لانخفاض عزم الدوران . ويعيب هذه الطريقة الأخيرة زيادة الفقد على هيئة حرارة مبددة فى هذه المقاومات . وتمتاز المحركات على هيئة قفص سنجابى بثبات سرعة دورانها ، ويمكن تغيير سرعتها فقط بتغيير تردد المنبع ، أو بتغيير عدد الأقطاب . أما تغيير اتجاه الدوران فيتم بتغيير تتابع توصيل الأطوار المختلفة بأطراف المحرك .

(٥٨) محركات تيار مستمر بلف على التوازى :

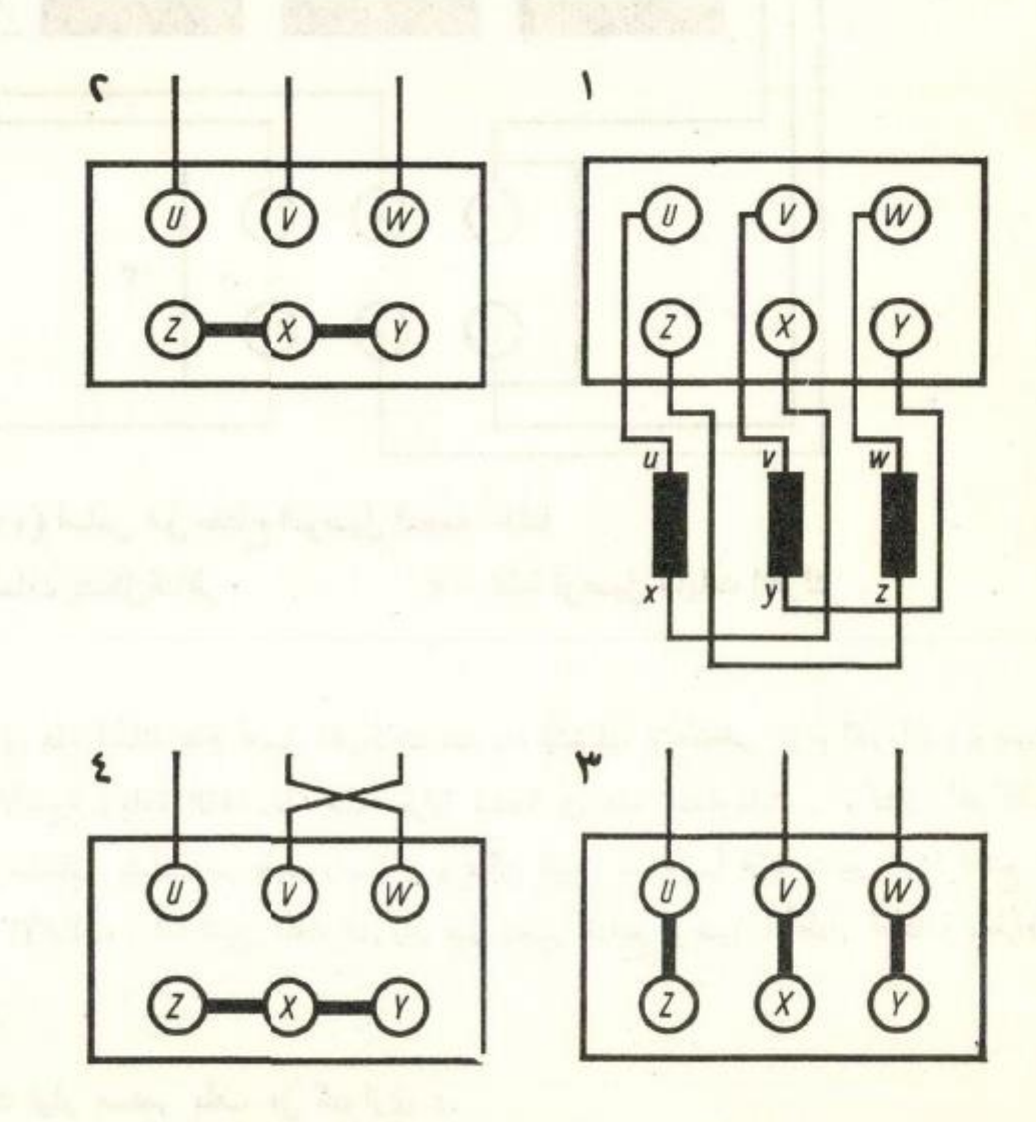
فى هذه المحركات توصل ملفات المجال على التوازى بملفات عضو الإنتاج كما هومبين بالشكل (١٧٣) . وتستخدم هذه المحركات فى إدارة آلات الإنتاج التى تحتاج لسرعة دوران ثابتة . وتوصل المحركات بالمنبع بوضع ريوستات (مقاومة متغيرة) (٣) على التوالى بملفات عضو الإنتاج

لتخفيض شدة تيار بدء التشغيل . ولا ينصح باستخدام هذه المقاومة لتخفيض سرعة دوران المحرك وذلك لزيادة القدرة المبددة على هيئة حرارة فى هذا الريوستات .

ولتغيير سرعة دوران المحرك يوصل على التوالى بملفات المجال ريوستات (٤) يمكن بواسطته التحكم فى سرعة المحرك فى حدود ٢٥٪ من السرعة المقننة . أما تغيير اتجاه دوران المحرك فيتم بتغيير طريقة توصيل نهايات المحرك بالمنبع .

(٥٩) محركات التيار المستمر بلف مركب :

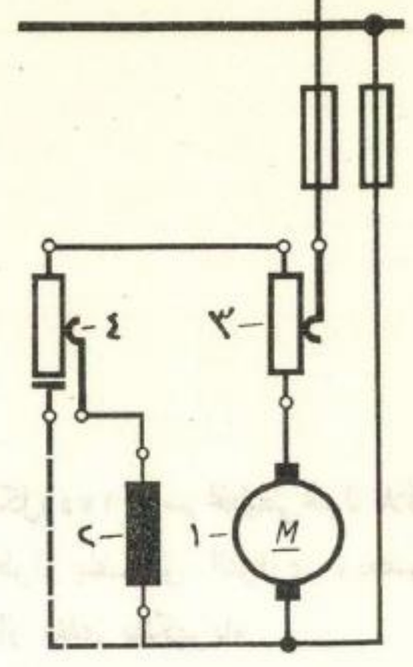
فى هذه المحركات تقسم ملفات المجال إلى قسمين أحدهما يوصل على التوازى بملفات العضو الدوار ، أما القسم الآخر فيوصل على التوالى بملفات العضو الدوار كما هو مبين بالشكل (١٧٤) .



الشكل (١٧٢) احتمالات توصيل محرك ثلاثى الأطوار لا تزامنى

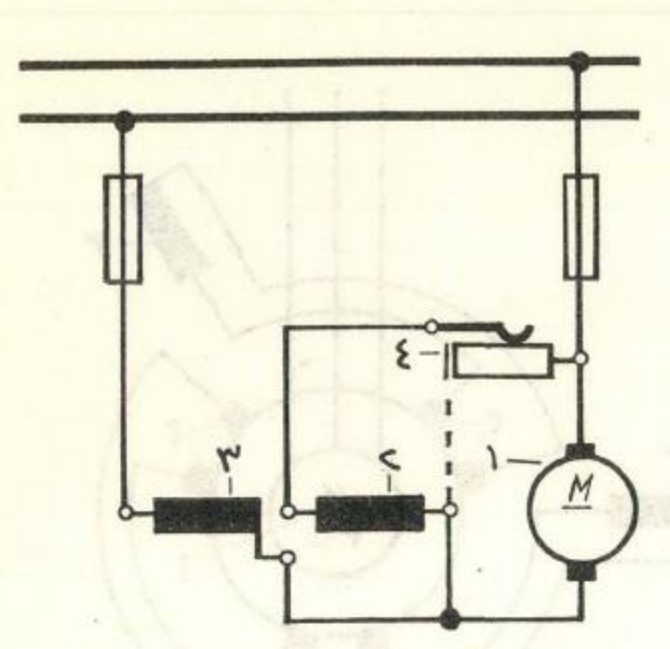
١ – كيفية ترتيب نهايات الملفات . ٢ – توصيل نجمى .

٣ – توصيل دلتا . ٤ – عكس اتجاه دوران المحرك بإبدال التوصيل .



الشكل (١٧٣) رسم تخطيطى لدائرة محرك تيار مستمر بلف على التوازى .

١ – العضو الدوار .
٢ – ملفات المجال .
٣ – مبدىء التشغيل .
٤ – ريوستات المجال .



الشكل (١٧٤) رسم تخطيطى لدائرة محرك تيار مستمر بلف مركب .

١ – العضو الدوار
٢ – الملفات الموصلة على التوازى .
٣ – الملفات الموصلة على التوالى .
٤ – ريوستات المجال لتنظيم السرعة .

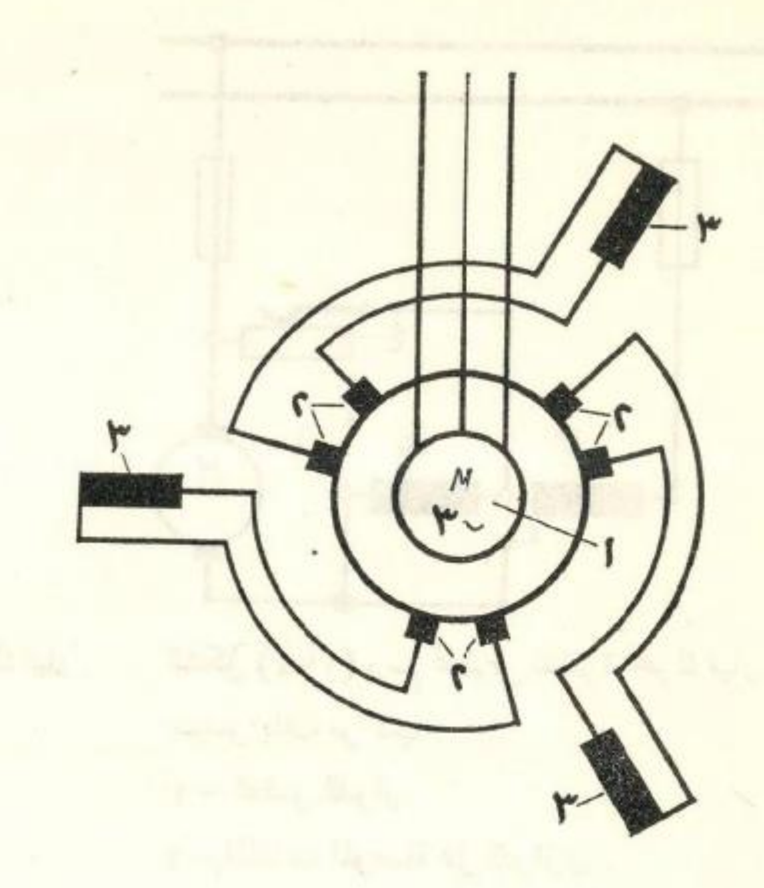
ويتميز المحرك ذو اللف المركب بأنه يدور بسرعة ثابتة عند التشغيل بدون حمل فقط ، أى أن خواصه فى هذه الحالة تكون مشابهة تماما للمحرك بلف على التوازى ، أما عند تحميله فإن سرعته تنخفض وتستمر فى الانخفاض كلما زاد التحميل . وتستخدم مثل هذه المحركات فى المصاعد وآلات الإنتاج والآلات المزودة بأثقال حدافة ، مثل المكابس و المثاقب و المقصات .

(٦٠) محركات ثلاثية الأطوار بلف على التوازى :

من مميزات هذه المحركات إمكان تغيير سرعتها بدقة متناهية داخل حدود مجال واسع . وتتميز هذه المحركات بثبات سرعة دورانها عند الأحمال المتغيرة. وتوجد مجموعتان من المحركات بلف متواز :

محركات تغذى بالتيار المتردد عن طريق العضو الدوار ، ومحركات تغذى بالتيار المتردد عن طريق العضو الساكن .

وتعتبر المحركات من النوع الأول أكثر المحركات استخداما . ويبين شكل (١٧٥) رسما تخطيطيا لدائرة توصيل محرك بلف متواز ، تجرى تغذيته عن طريق العضو الدوار . ولا يتضمن الرسم التخطيطى ملفات العضو الساكن .



الشكل(١٧٥) رسم تخطيطى لمحرك ثلاثى الأطوار بلف على التوازى وبعضو دوار مغذى بالكهرباء .
١ – ملفات العضو الدوار .
٢ – مجموعة المبدل .
٣ – ملفات المبدل .

ويوجد بهذه المحركات ثلاثة أنواع من الملفات :

الملفات الأولى خاصة بالعضو الدوار ، والثانية خاصة بالعضو الساكن ، والثالثة خاصة بالفرش الموجودة على المبدل ويطلق عليها اسم « ملفات المبدل » .

ويغذى العضو الدوار من الشبكة ، وعندما يدور العضو الدوار يتولد بالحث فى ملفات العضو الساكن جهد تتغير قيمته بتغير سرعة العضو الدوار ، كما يتولد أيضا جهد آخر بالحث فى ملفات البدل ، هذا الجهد الأخير يؤثر تأثيرا عكسيا على الجهد المتولد فى ملفات العضو الساكن . ومن الممكن تغيير قيمة الجهد المتولد بالحث فى ملفات المبدل ، بتغيير نظام وضع الفرش بالمبدل (عضو التوحيد) وذلك باستخدام وسيلة ميكانيكية تعمل بطريقة يدوية لتحريك الفرش على المبدل للتحكم فى الجهد المتولد بالحث فى العضو الساكن . ويتم تغيير سرعة المحرك بتغيير وضع الفرش بالنسبة لبعضها البعض فى كل طور من الأطوار بالكيفية التالية :

فى حالة تقريب الفرش بحيث يقع كل زوج من الفرش على شدفة واحدة من شدفات (خوص) المبدل ، أى عند عمل قصر دائرة لملفات المبدل المحصورة بين كل زوج من الفرش ، فإن المحرك يدور تماما كمحرك لا تزامنى (وتفيد هذه الحالة عند بدء التشغيل) .

أما إذا حركت الفرش بحيث تكون بين الفرشة والأخرى (لكل زوج من الفرش) شدفة (أو خوصة) واحدة ، بدون عكس توصيل ملفات المبدل ، فإن سرعة دوران المحرك تقل عن سرعة التزامن ويظل المحرك لا تزامنيا .

أما إذا حركت الفرش بحيث يكون بين كل فرشة والأخرى شدفة (أو خوصة) واحدة ، ولكن بكيفية مختلفة عن الطريقة السابقة ، بحيث تعكس طريقة توصيل ملفات المبدل ، فإن سرعة دوران المحرك تزيد على سرعة التزامن .

ومن مميزات هذه المحركات ، إمكان تغيير سرعتها تدريجيا دون أن يحدث بها أى فقد فى القدرة . وتستخدم هذه المحركات فى إدارة آلات الغزل ومكابس الطباعة الدوارة وآلات صناعة الورق .

(٦١) محركات لاتزامنية وحيدة الطور :

يوجد أنواع مختلفة من المحركات وحيدة الطور بسرعة ثابتة أهمها :

(ا) محركات وحيدة الطور بدون وسيلة بدء حركة .

(ب) محركات وحيدة الطور بمكثف .

(ج) محركات ثلاثية الأطوار تعمل كمحركات وحيدة الطور .

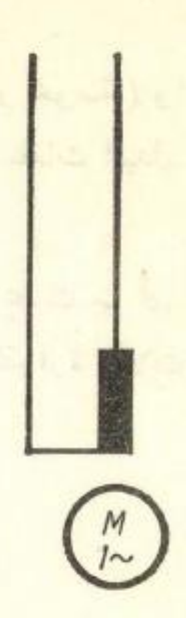
(أ) محركات وحيدة الطور بدون وسيلة بدء حركة :

هذه المحركات لا تستخدم حاليا . وتتكون من عضو دوار على هيئة قفص سنجابى ، تغذى ملفاته بتيار متردد فيتولد بها مجال دوار . وهذا المجال غير كاف لإنتاج عزم الدوران المطلوب عند بدء التشغيل . لذلك يفضل إدارة المحرك يدويا عند بدء التشغيل . ويحدد اتجاه بدء التشغيل اتجاه دوران المحرك بعد ذلك .

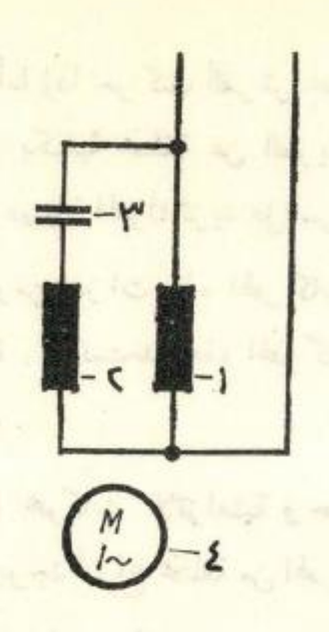
ويبين شكل (١٧٦) رسما تخطيطيا لدائرة توصيل هذه المحركات ، وهى تستخدم فى تشغيل الأجهزة الكهربائية المنزلية (مثل الغسالات والثلاجات) بقدرة مقننة صغيرة تسمح بتوصيلها توصيلا مباشرا بالمنبع .

(ب) محركات وحيدة الطور بمكثف :

هذا المحرك يشبه فى كثير من النواحى ، المحرك وحيد الطور بدون وسيلة بدء حركة : إلا أنه مزود بوسيلة لبدء تشغيله أتوماتيكيا (تلقائيا) دون حاجة إلى تحريكه يدويا . كما أن له اتجاه دوران محدد لا يعتمد على اتجاه بدء الحركة . وهذا المحرك يطلق عليه أيضا اسم محرك بطور مشطور . ويرجع ذلك إلى أن ملفاته مقسمة إلى قسمين يطلق على أحدهما اسم الملفات الرئيسية ويطلق على الأخرى اسم الملفات المساعدة. ويوصل على التوالى بالملفات المساعدة مكثف للحصول فى هذه الملفات على تيار مزاح ، يتقدم التيار المار فى الملفات الرئيسية بحوالى ٩٠°. وبهذه الكيفية يتكون بالمحرك مجالان مغنطيسيان بينهما زاوية ، يؤدى التفاعل بينهما إلى بدء تشغيل المحرك تلقائيا . ويبين شكل (١٧٧) رسما تخطيطيا لدائرة هذا المحرك .



الشكل (١٧٦) رسم تخطيطى لمحرك وحيد الطور ليس به وسيلة بدء تشغيل .



الشكل (١٧٧) رسم تخطيطى لمحرك وحيد الطور بمكثف لبدء التشغيل .

١ – الملفات الرئيسية

٢ – الملفات الموصلة على التوازى

٣ – المكثف ٤ – العضو الدوار .

ويوجد نوعان من المحركات وحيدة الطور بمكثف .

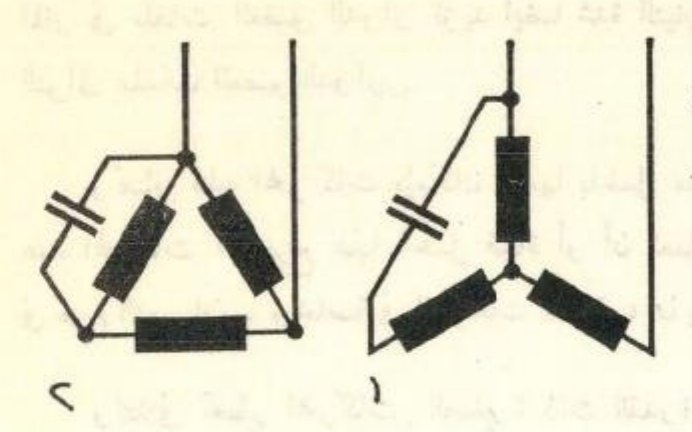
النوع الأول ، فيه تزود الملفات المساعدة بمفتاح (يعمل يدويا أو بالطرد المركزى) ، لفصل الملفات المساعدة والمكثف من الدائرة عندما يصل المحرك إلى السرعة المقننة ، وفى هذه الحالة تصمم الملفات المساعدة والمكثف لتعمل لفترة قصيرة فقط (فترة بدء التشغيل) .

النوع الثانى : فيه تظل الملفات المساعدة والمكثف موصلة بالدائرة حتى بعد وصول المحرك إلى السرعة المقننة . وتصمم الملفات المساعدة والمكثف فى هذه الحالة الأخيرة لتعمل طوال فترة تشغيل المحرك .

(ج) محركات ثلاثية الأطوار تعمل كمحركات وحيدة الطور :

تستخدم المحركات الثلاثية الأطوار بقفص سنجابى والتى لا تتعدى قدرتها المقننة ٣ كيلووات لتعمل كمحركات وحيدة الطور ، وبسرعة ثابتة . ويعيب هذه المحركات أن قدرة خرجها لا تتعدى ٨٠٪ فقط من قدرتها المقننة . وتستخدم المكثفات أيضا فى هذا النوع من المحركات لبدء التشغيل . ويتم تحديد قيمة المكثف تبعا لقيمة الجهد المستخدم عليه المحرك . وتقدر قيمة المكثف فى حالة محرك يعمل على جهد ٢٢٠ فلط بحوالى ٧٠ ميكروفاراد .

ويبين شكل (١٧٨) رسما تخطيطيا لدوائر محركات ثلاثية الأطوار تعمل كمحركات وحيدة الطور بسرعة ثابتة .



الشكل (١٧٨) كيفية توصيل المحركات الثلاثية الأطوار لتعمل كمحركات وحيدة الطور بمكثف
١ – محرك ثلاثى الأطوار بتوصيلة النجمة .
٢ – محرك ثلاثى الأطوار بتوصيلة الدلتا .

(٦٢) المحركات التزامنية :

لا يختلف تصميم المحركات التزامنية عن تصميم المولدات التزامنية التى سبق شرحها . غير أنه من النادر استخدام المولدات التزامنية ذات المقننات الكبيرة لتشغيلها كمحركات للأسباب الآتية :

(ا) أن هذه المحركات تحتاج إلى مصدر دائم للتيار المستمر لتغذية ملفات الإثارة لمغنطيسات المجال . لذلك يقرن مع عمود إدارة المولدات المتزامنة ، مولد صغير لتغذية ملفات الإثارة بالتيار المستمر .

(ب) صعوبة بدء تشغيل هذه المحركات . لذلك تزود المحركات المتزامنة الحديثة بعضو دوار آخر على هيئة قفص سنجاب بالإضافة إلى العضو الدوار الرئيسى . و يستخدم العضو الدوار على هيئة قفص السنجاب فى عملية بدء التشغيل للمحرك التزامنى . وفى بعض الأحيان يقرن المحرك التزامنى بمحرك لا تزامنى يستخدم فى عملية بدء الحركة ، ويتم فصله عند وصول المحرك التزامنى إلى السرعة المقننة .

وتتميز المحركات التزامنية بثبات سرعتها ودقتها . حيث أنها تساوى سرعة المجال الدوار . إلا أنه يعيب هذه المحركات انخفاض سرعتها عند تعرضها للتحميل الزائد ، فتخرج عن سرعة التزامن ، مما يؤدى إلى توقفها تماما . كما أن زيادة التحميل تؤدى إلى زيادة التيار فى هذه المحركات بدرجة كبيرة جدا مما يؤدى إلى تلفها .

ثانيا – محركات بسرعة محكومة بالحمل :

تسمى المحركات التى تعتمد سرعتها على مقدار الحمل محركات بسرعة محكومة بالحمل . وفيما يلى شرح مبسط لأهم أنواع هذه المحركات .

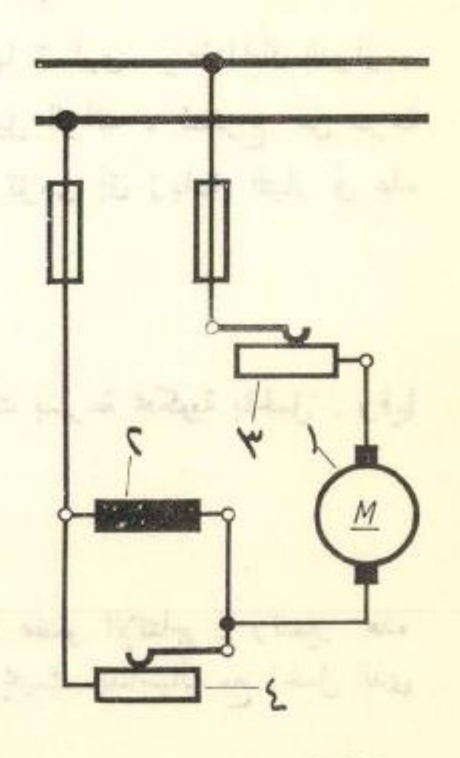
(٦٣) محركات التيار المستمر بلف على التوالى :

فى هذه المحركات توصل ملفات المجال على التوالى بملفات عضو الإنتاج . وتتميز هذه المحركات بأن سرعتها وعزم دورانها يتغيران بطريقة معينة ، بحيث يتناسبان مع الحمل الذى

تقوم به هذه المحركات . ومن أهم مميزات المحركات بلف على التوالى أنه كلما زادت شدة التيار المار فى ملفات العضو الدوار تزيد أيضا شدة التيار فى ملفات الإثارة ، حيث أنها متصلة على التوالى بملفات العضو الدوار .

وتمتاز هذه المحركات بإمكان قيامها بالحمل عند بدء التشغيل . ويجب أن يراعى عند تشغيل هذه المحركات ألا يرفع عنها الحمل فجأة أو أن تعمل بدون حمل، وإلا أدى ذلك إلى زيادة كبيرة فى عزم الدوران ، وخاصة فى السرعات العالية ، مما يترتب عليه تحطيم المحرك .

ولتلافى تحطيم المحركات الصغيرة ذات القدرة الكسرية (أقل من حصان واحد) من هذا النوع ، تستخدم عادة رياش مروحة تبريد المحرك المركبة على عمود إدارته ، كحمل دائم لحمايته من زيادة السرعة عند بدء التشغيل أو عند رفع الحمل الأساسى من عليه . ومن أمثلة المحركات الصغيرة التى تستخدم فيهـا وسائل الحماية هـذه محركات تجفيف الشعر ، والمراوح الصغيرة والمكانس الكهربائية . لذلك يراعى عند تصميم مراوح تبريد هذه المحركات أن يكون تغير مقدار مقاومة الهواء لرياش هذه المراوح مناسبا ، بحيث تمنع أى زيادة غير عادية فى سرعة المحرك . ويبين شكل (١٧٩) رسما تخطيطيا لدائرة محرك من هذا النوع . وتصلح المحركات الكبيرة من هذا النوع للتشغيل الثقيل ، مثل الجر الكهربائى (السكك الحديدية الكهربائية) ، والآلات المستخدمة فى مصانع إنتاج المعادن (مكنات الدرفلة) . وتصمم هذه المحركات أيضا فى بعض الأحيان بقدرة خرج صغيرة لتعمل على التيار المتردد والتيار المستمر فى نفس الوقت .



الشكل (١٧٩) رسم تخطيطى لمحرك تيار مستمر بلف على التوالى :

١ — العضو الدوار ٣ — مبدىء التشغيل

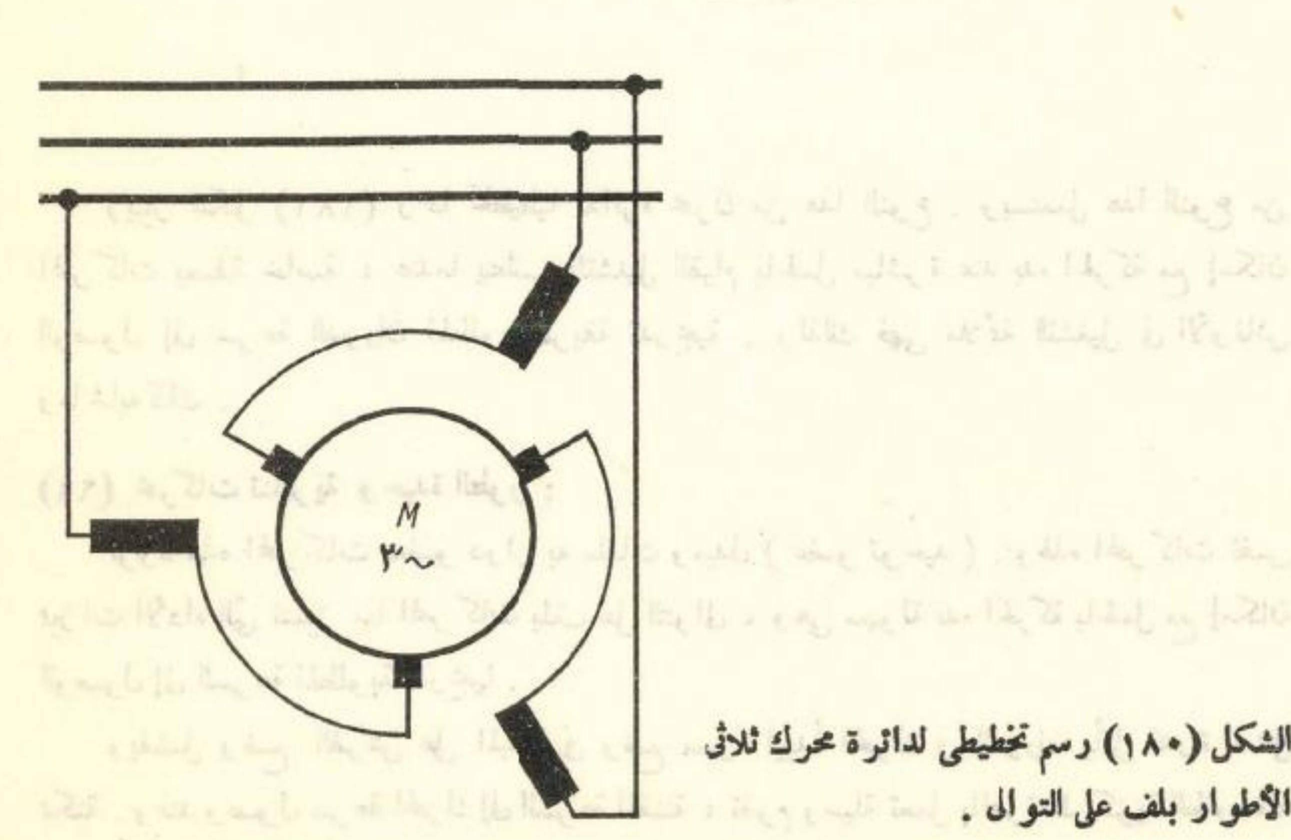
٢ — ملفات المجال ٤ — ريوستات المجال

(٦٤) محركات ثلاثية الأطوار بلف على التوالى :

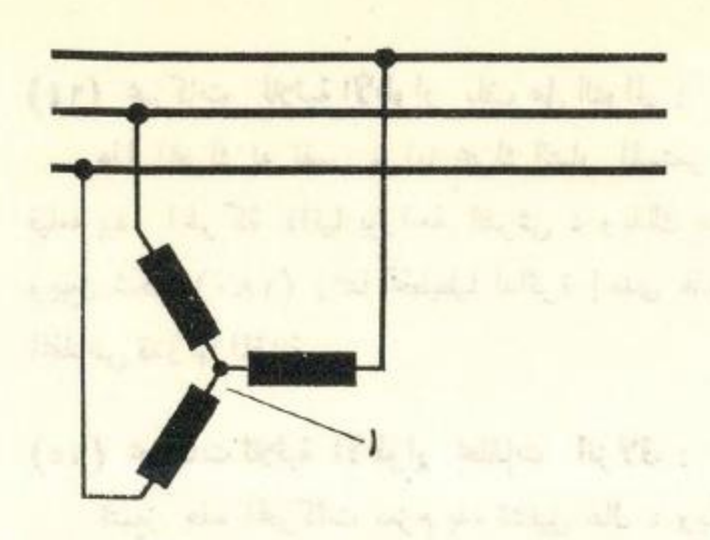
هذا المحرك له نفس مزايا محرك التيار المستمر بلف على التوالى ، كما أنه يمتاز بإمكان قيامه ببدء الحركة ذاتيا بإزاحة الفرش ، وبذلك يمكن تجنب وجود أى فقد عند بدء الحركة . ويبين شكل (١٨٠) رسما تخطيطيا لدائرة إحدى هذه المحركات . ويعيب مثل هذه المحركات انخفاض قدرتها المقننة .

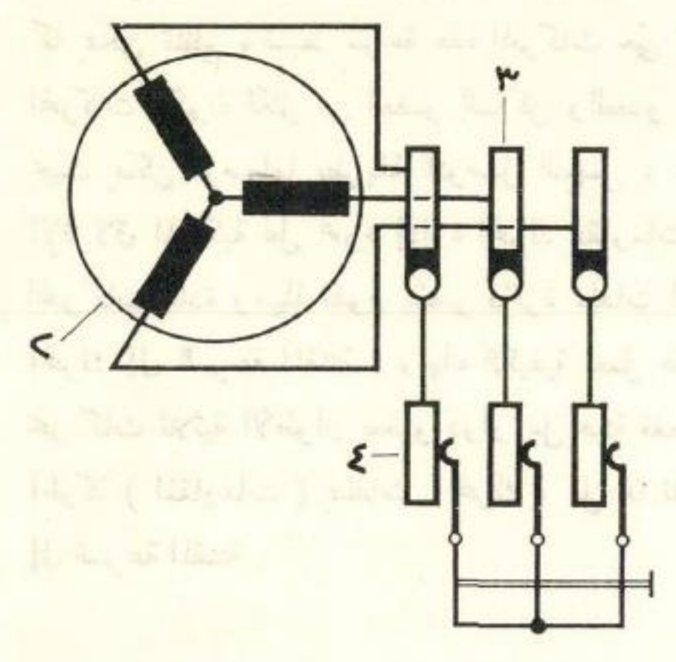
(٦٥) محركات ثلاثية الأطوار بحلقات انزلاق :

تتميز هذه المحركات بعزم بدء تشغيل عال ، وبأن بدء حركتها يتم بطريقة سهلة وتدريجية . كما يمكن تنظيم وضبط سرعة هذه المحركات حتى تصل إلى السرعة اللاتزامنية المقننة . وفى هذه المحركات يكون لكل من العضو الساكن والعضو الدوار ملفات خاصة به،وترتب هذه الملفات بحيث يمكن توصيلها بطريقة التوصيل النجمى ، على أن توصل نهايات الملفات المتصلة بحلقات الإنزلاق المركبة على عمود إدارة المحرك بمقاومات لحد من تيار بدء التشغيل . ويستخدم فى هذه المحركات عادة وسيلة تقوم بقصر دائرة ملفات العضو الدوار ، وفصل الفرش بمجرد وصول المحرك إلى السرعة المقننة . وبهذه الكيفية تعمل هذه المحركات بعد بدء الحركة كما لو كانت محركات ثلاثية الأطوار بعضو دوار على هيئة قفص سنجاب . ويفضل عادة توصيل وسيلة بدء الحركة (المقاومات) بملفات المحرك ، على أن تنفصل من الدائرة بمجرد وصول العضو الدوار إلى السرعة المقننة .



الشكل (١٨٠) رسم تخطيطى لدائرة محرك ثلاثى الأطوار بلف على التوالى .





الشكل (١٨١) رسم تخطيطى لدائرة محرك حثى ثلاثى الأطوار بحلقة انزلاق
١ – العضو الساكن
٢ – العضو الدوار
٣ – حلقات الانزلاق
٤ – مبدىء التشغيل (مقاومة متغيرة)

ويبين شكل (١٨١) رسما تخطيطيا لدائرة محرك من هذا النوع . ويستعمل هذا النوع من المحركات بصفة خاصة ، عندما يتطلب التشغيل القيام بالحمل مباشرة عند بدء الحركة مع إمكان الوصول إلى سرعة الدوران المطلوبة بطريقة تدريجية . ولذلك فهى ملائمة للتشغيل فى الأوناش وما شابه ذلك .

(٦٦) محركات تنافرية وحيدة الطور :

تزود هذه المحركات بعضو دوار به ملفات ومبدل (عضو توحيد) . ولهذه المحركات نفس ميزات الأداء التى تتميز بها المحركات بلف على التوالى ، وهى سهولة بدء الحركة بالحمل مع إمكان الوصول إلى السرعة المطلوبة تدريجيا .

ويفضل وضع الفرش على المبدل فى وضع معين ليبدأ المحرك فى الدوران بأقل قدرة دخل ممكنة . وعند وصول سرعة المحرك إلى السرعة المقننة ، تقوم وسيلة تعمل بالقوة المركزية الطاردة ،

بفصل الفرش وقصر دائرة ملفات العضو الدوار ، وعندئذ يعمل المحرك التنافرى كما لو كان محركا حثيا بعضو دوار على هيئة قفص سنجاب بسرعة ثابتة . ويتم تغيير سرعة المحرك بعد ذلك بتغيير وضع الفرش على شدفات المبدل . ويبين شكل (١٨٢) رسما تخطيطيا بالدائرة محرك من هذا النوع .

ويصلح هذا المحرك لتشغيل المكابس ، وكباسات الهواء وأجهزة التكييف التى تحتاج إلى عزم بدء تشغيل عال .

المغنطيسات الكهربائية

(٦٧) المغنطيسات الرافعة :

تستخدم المغنطيسات الكهربائية الرافعة فى تحميل المواد الحديدية وفى نقلها لمسافات قصيرة . ويبين شكل (١٨٣) مدى قدرة المغنطيس الكهربائى ليقوم برفع مثل هذا الحمل .

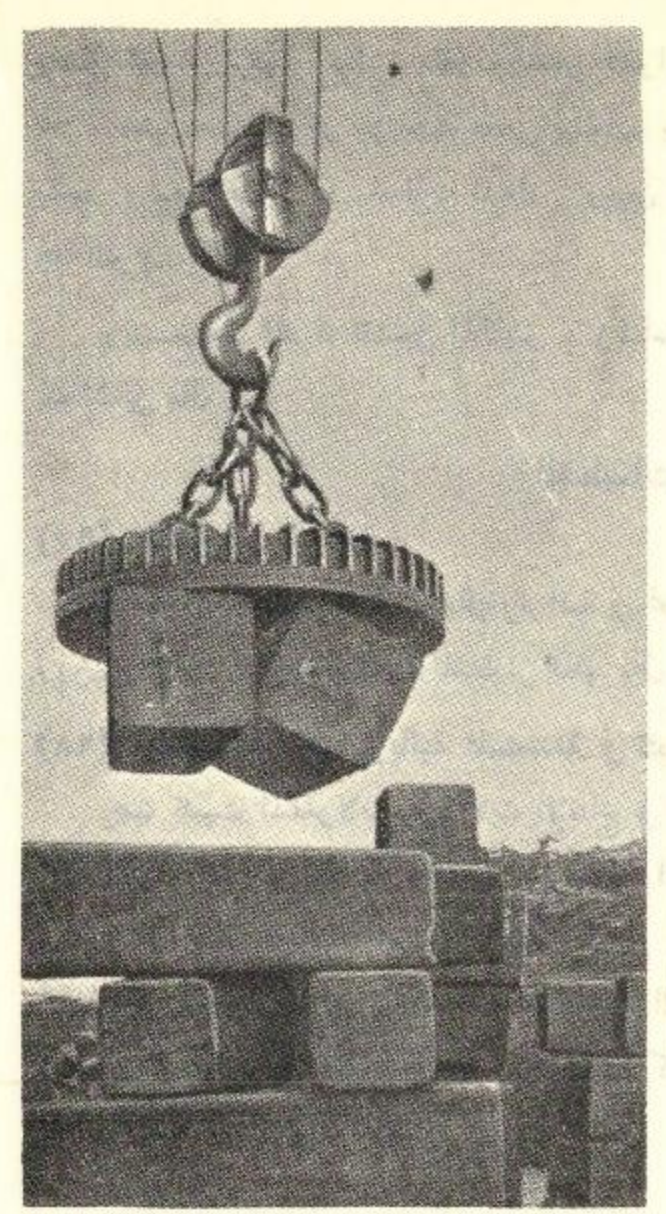
(٦٨) المغنطيسات الكهربائية المستخدمة فى تثبيت المشغولات :

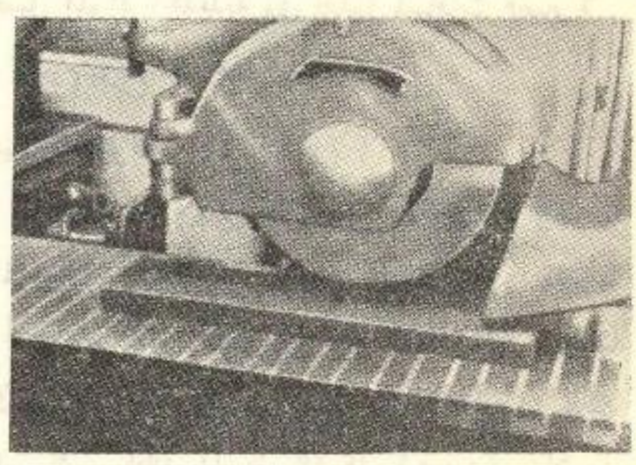
يجب تثبيت المشغولات على آلات الإنتاج فى مكانها تماما وبطريقة تضمن بقاءها فى موضعها أثناء إجراء عمليات التشغيل المختلفة . ولبعض المشغولات شكل غير منتظم بحيث يتعذر تثبيتها فى موضعها بالطرق التقليدية . فإذا طلب تجليخ أو كشط قطعة منشورية مثلا بدقة عالية . فإننا نحصل على أحسن النتائج باستخدام المغنطيسات الكهربائية فى مسك وتثبيت هذه القطعة . لذلك تزود معظم آلات التشغيل الحديدية بمغنطيسات كهربائية كتلك المبينة بالشكل (١٨٤) بدلا من وسائل المسك أو التثبيت المألوفة .



الشكل (١٨٢) رسم تخطيطى لدائرة محرك تنافرى .

الشكل (١٨٣) مغنطيس رافع





الشكل (١٨٤) مغنطيس كهربائي يستخدم لتثبيت المشغولات على سطح ماكينة تجليخ

الباب السابع

اجهزة تحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة كيميائية

يطلق فى كثير من الأحيان على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية اسم التحويل الكهر كيميائى أو التحليل الإلكتروليتى .

ويستخدم التحليل الإلكتروليتى فى أغراض شتى فى الصناعة منها :

١ – إنتاج المعاد بالترسيب الكهربائى .

٢ – جلفنة المعادن .

٣ – جلفنة اللدائن ، أو جلفنة البلاستيك .

(٦٩) إنتاج المعادن بالترسيب الكهربائى :

يستخدم التحليل الكهربائى فى الصناعة لحصول على المعادن النقية مثل النحاس والألومنيوم ، إلخ . فيستخرج الألومنيوم النقى بالتحليل الكهربائى للمخلوط المكون من أكسيد الألومنيوم المذاب فى مصهور رخام الكريوليت . كما يتم إنتاج الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم) بتحليل محلوم ملح الطعام كهربائيا . ولن نتناول هذا المجال بالتفصيل ، وإنما نكتفى ببعض الأمثلة التى يستخدم فيها الترسيب الكهربائى لإنتاج المعادن النقية .

(٧٠) جلفنة المعادن :

يستخدم الترسيب الكهربائى فى طلاء أسطح المعادن القابلة للصدأ بتغطيتها بطبقة رقيقة واقية من معدن آخر غير قابل للصدأ ، مثل الكروم أو الفضة أو النيكل أو النحاس ، أو أى معدن من المعادن النفيسة ، كما يفيد أيضا فى إعطاء سطح المعادن بريقا لامعا .

الخطوات المتبعة فى عملية جلفنة المعادن :

ينظف سطح المعدن المراد طلاؤه تنظيفا جيدا بمعاملة سطحه لإزالة الصدأ أو الدهون التى قد تكون عالقة به . ثم يوضع هذا المعدن فى الإلكتروليت ويستخدم كهبط (كاثود) ، بينما يستخدم المعدن النفيس (النيكل مثلا) كصعد (أنود) وبذلك تخرج أيونات المعدن النفيس من المصعد وترسب على سطح المعدن الجارى طلاؤه . وتصنع أحواض الترسيب عادة من ألواح الصلب المبطنة بمواد عازلة مثل الفخار اللامع ، أو من الحديد المطلى بالطلاء من الصينى ، أو من

ألواح من الزجاج. ويحتوى الإلكتروليت عادة على ملح من الأملاح المعدنية البسيطة الخاصة بالمعدن النفيس مثل أملاح الكلوريدات ، أو أملاح الكبريتات أو من ملح من أملاح السيانيد المزدوجة كأملاح النحاس المزدوجة ، أو أملاح الفضة المزدوجة ، إلخ .

وتجرى تغذية التيار المستمر المستخدم فى عملية الترسيب الكهربائى بإحدى الطرق الآتية :

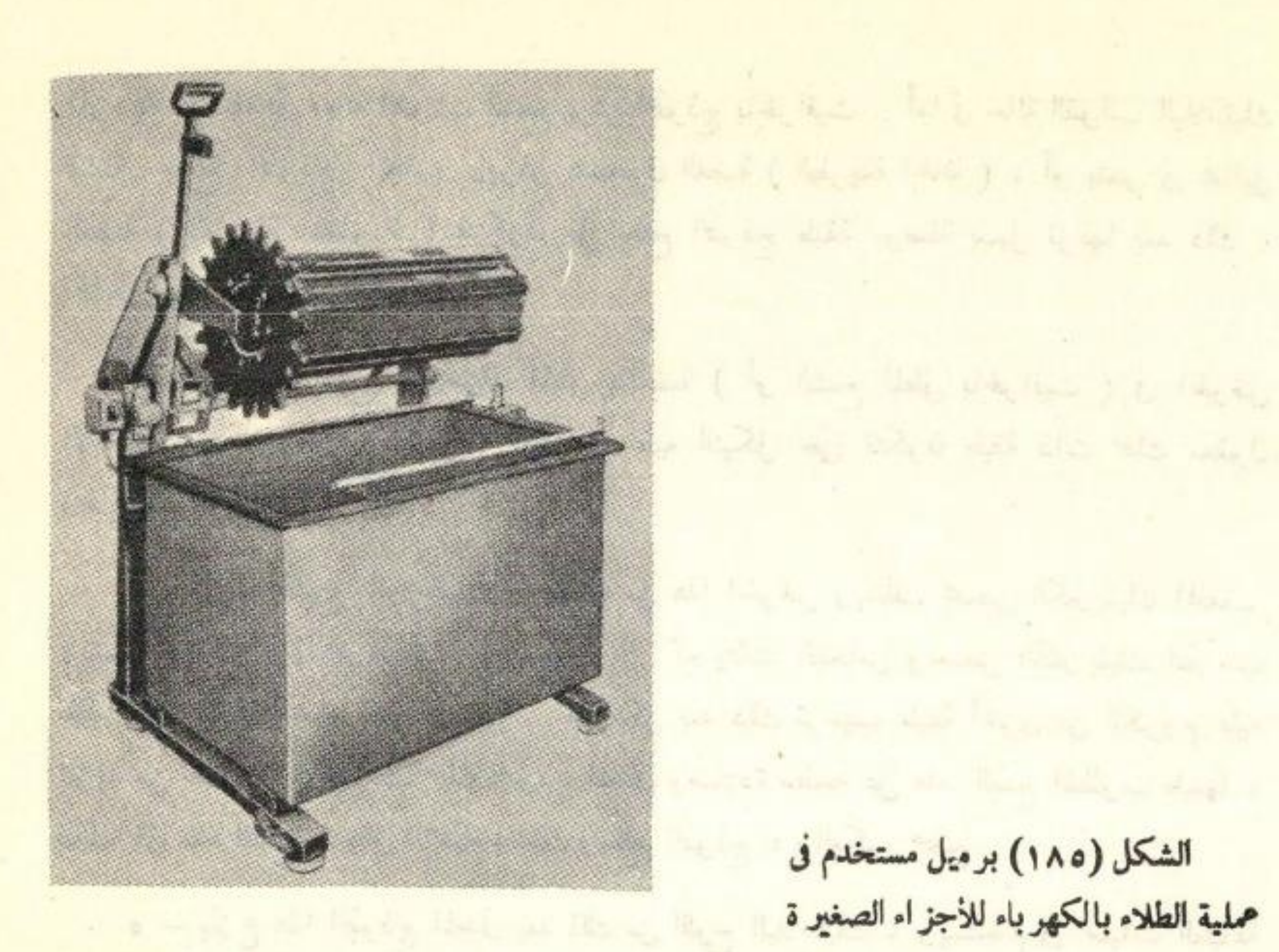
١ – بواسطة مجموعة محرك – مولد مركبة على قاعدة مشتركة . وفيها يغذى المحرك اللا تزامنى بنظام تيار متردد ثلاثى الأطوار ، فيدفع المولد لينتج التيار المستمر اللازم لهذه العملية . ويتراوح جهد التيار المستمر المستخدم فى مثل هذه النظم بين ٤ فلط ، ٤٠ فلط حسب الحاجة . أما القدرة المقننة المستخدمة فى عمليات الترسيب فتتراوح بين ٠,٥ ، ١٨ كيلووات – أى أن التيار المقنن المستخدم فى عمليات الترسيب عند جهد ٦ فلط يتراوح بين ١٠٠ ، ٣٠٠٠ أمبير .

٢ – بواسطة مقومات شبه موصلة بتبريد الهواء أو الزيت . ويتم توصيل مجموعات منها على التوالى وعلى التوازى لحصول على الجهد والتيار اللازمين . والجهود المقننة المستخدمة عادة فى مثل هذه النظم هى ٨ فلط ، ١٦ فلط ، ٢٥ فلط . وتتراوح شدة التيارات المستمرة المستخدمة لهذا الغرض بين ١٥٠ ، ٥٠٠٠ أمبير .

وتحتوى المعدات الكهربائية المستخدمة فى عملية الترسيب على أجهزة قياس ، وأجهزة تحكم ، ومعدات للوصل والقطع ،ومعدات لعكس اتجاه التيار (عكس القطبية) . ويفضل فى كثير من الأحيان ، من الناحية الاقتصادية ،عدم تغطية سطح المعادن المراد طلاؤها بالطبقة الواقية النهائية مباشرة ،فقد اتضح مثلا من الناحية العملية أن طبقة الكروم المستخدمة فى طلاء الحديد تصبح أكثر ثباتا إذ طليت الأجزاء الحديدية أولا بطبقـــة من النيكل أو من النحاس بالوسائل الكهروكيميائية قبل طلائها بالكروم .

وقد أدى إدخال النظم الأتوماتيكية فى عمليات الجلفنة إلى استحداث أجهزة ومعدات ذات كفاءة عالية لمعاملة السطوح ، وطلاء المعادن بطرق اقتصادية ، وتستخدم فى هذه المعدات أحدث الطرق الكهروكيميائية التى تضمن طلاء جميع الأجزاء المعدنية بطبقة متجانسة وبالسمك المطلوب تماما .

وتصنع أحواض الطلاء بأشكال مختلفة ، فهناك أحواض على هيئة متوازى مستطيلات تستخدم فى طلاء الأجزاء الكبيرة ، كما توجد أحواض صغيرة على شكل برميل كما هو مبين بشكل (١٨٥) أو على شكل ناقوس يوضع فيها الإلكتروليت؛وتستخدم هذه البراميل لطلاء الأجزاء الصغيرة . وتدار هذه الأحواض لكى تحرك الأجزاء المعدنية المراد طلاؤها بصفة مستمرة . فتضمن بذلك تغطيتها بطبقة متجانسة من النيكل أو الكروم أو الفضة ، إلخ . كما توجد أنواع مختلفة من المعدات التى تجرى فيها جميع خطوات عملية الجلفنة أتوماتيكيا ، ابتداء من تحميل المشغولات إلى غسلها وجلفنتها وتجفيفها ثم نقلها وتخزينها .



الشكل (١٨٥) برميل مستخدم فى عملية الطلاء بالكهرباء للأجزاء الصغيرة

(٧١) جلفنة اللدائن (البلاستيك المجلفنة) :

تستخدم عملية جلفنة اللدائن فى الحصول على نموذج معدنى له سمك معقول وله شكل مطابق تماما للشكل المحفور على قطعة من مادة غير موصلة ، من البلاستيك مثلا .

ويستخدم هذا النموذج المعدنى فى إعادة طبع هذا الشكل على الورق أو على رقائق الألومنيوم أو البلاستيك عددا هائلا من المرات، دون أن يؤدى ذلك إلى تلف النموذج أو تشويهه . وهذه الطريقة من أحدث الطرق المستخدمة فى طباعة الأشكال والصور فى المجلات والكتب وغير ذلك . كما تستخدم عملية جلفنة اللدائن فى إنتاج الاسطوانات المسجلة .

الخطوات المتبعة فى جلفنة اللدائن :

١ – عمل القالب أو النموذج الأساسى ، ويمثل أولى خطوات عملية جلفنة اللدائن ، وكان الشمع يستخدم فيما مضى لعمل القالب ، وذلك بنقش نموذج للصورة المراد طبعها عليه أو بحفر الشكل به . وتستخدم حاليا ألواح البلاستيك لعمل النموذج الأساسى بدلا من الشمع .

٢ – عمل طبقة أولية رقيقة من مادة موصلة تأخذ نفس الشكل المحفور بالقالب . وتتميز هذه الطبقة بإمكان ترسيب المعدن عليها ، لحصول على نموذج معدنى له سمك معقول وله نفس شكل القالب . على أن تتميز أيضا بسهولة نزعها من النموذج الأصلى . ويمكن عمل هـذه الطبقة

الموصلة الرقيقة فى حالة القوالب الشمع برش النموذج بالجرافيت . أما فى حالة القوالب البلاستيك فينظف سطح النموذج المحفور ويرش بمسحوق الفضة (الطريقة الجافة) ، أو يغمر فى محاليل الفضة (الطريقة المغمورة) فتتكون على سطح النموذج طبقة موصلة يسهل نزعها بعد ذلك . كما هو مبين بالشكل (١٨٦) .

٣ – يوضع اللوح البلاستيك المطلى بالفضة (أو الشمع المطلى بالجرافيت) فى الحوض الإلكتروليتى ويوصل بالمهبط ، فيترسب عليه النيكل حتى تتكون طبقة ذات سمك معقول ولها نفس الشكل المراد طبعه .

٤ – يرفع اللوح البلاستيك بعد طلائه من هذا الحوض وينظف بحمض الكبريتيك المخفف ويغمر فى محلول إلكتروليتى آخر مكون من كبريتات النحاس وحمض الكبريتيك لتترسب عليه طبقة صلدة أخرى من النحاس . كما يمكن بعد ذلك ترسيب طبقة أخرى من الكروم عليه لتزيد من صلابته . ويتوقف سمك النموذج المعدنى وصلادة سطحه على عدد النسخ المطلوب طبعها ، فكلما قل عدد النسخ ، يقل الإهتمام بسمك وسطح النموذج ، والعكس صحيح .

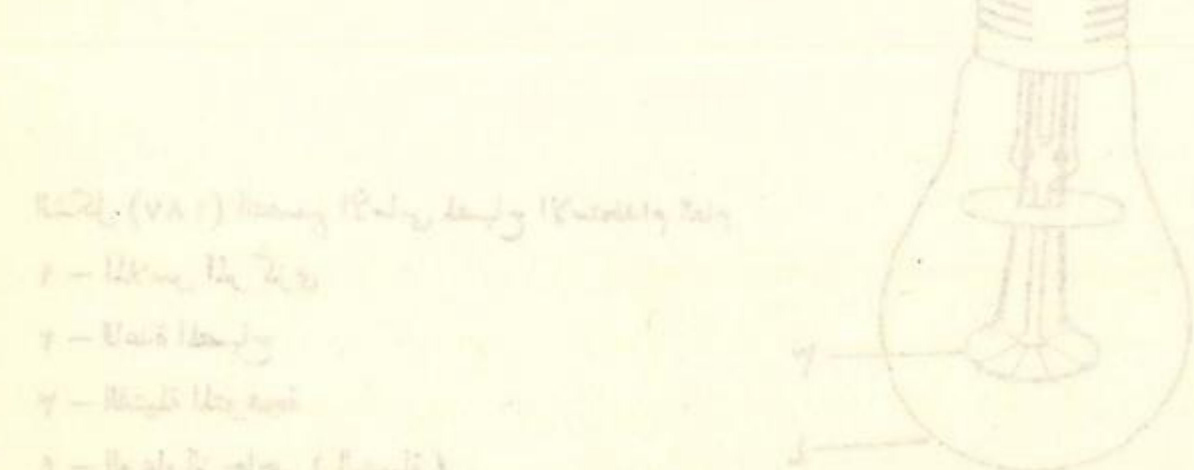
٥ – ينزع هذا النموذج المعدنى بعد ذلك من اللوح البلاستيك ، ويستخدم فى عمليات الطباعة على الورق أو البلاستيك أو رقائق الألومنيوم ، وبذلك نحصل على صورة طبق الأصل للنموذج المراد طبعه بكل دقائقه وتفاصيله .



الشكل (١٨٦) عملية تصنيع نماذج القوالب بالطرق الكهركيميائية .

ولا تخلو أى مطبعة حديثة من قسم خاص لجلفنة اللدائن . وتنتج الأسطوانات المسجلة بواسطة جلفنة اللدائن ، فيشكل النموذج الأصلى للاسطوانة على لوح من البلاستيك الذى يطلى بعد ذلك بالفضة . ويوضع اللوح بعد ذلك فى المحلول الإلكتروليتى حيث يوصل بالمهبط لتترسب عليه طبقة من النحاس أو من النيكل والنحاس . وينزع النموذج المعدنى بعد ذلك من اللوح البلاستيك ، ويستخدم كنموذج لطبع هذه الإسطوانة المسجلة ، على رقائق من البلاستيك ،فنحصل بذلك على عدد غير محدود من الأسطوانات المسجلة .

ويتم طبع الأسطوانات بوضع رقائق البلاستيك (الأسطوانات المطلوبة) بين فكى النموذج المعدنى الذى تم تشكيله . ثم يضغط عليها بواسطة مكبس . ويجب تسخين المجموعة أثناء تسليط الضغط لدرجة حرارة أقل قليلا من درجة انصهار البلاستيك حتى يتم حفر الشكل على الأسطوانات بكل ما فى النموذج الأصلى من تفاصيل . وقد أمكن باستخدام الطرق الأتوماتيكية الحديثة تخفيض عدد الساعات اللازمة لإنتاج النموذج الأصلى من ٩٠ ساعة لنموذج واحد إلى ٢٤ ساعة لإنتاج ١٦ نموذجا .



الباب الثامن

أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ضوئية

(٧٢) عــام :

يمكن تقسيم مصادر الإضاءة المستخدمة فى الهندسة الضوئية إلى نوعين رئيسيين هما :

(أ) المشعات الساخنة ، مثل المصابيح المتوهجة :

وفيها يقوم التيار الكهربائى المار فى المصابيح المتوهجة بتسخين الفتيلة ، فتخرج منها أشعة مرئية عندما تبلغ درجة حرارتها ٥٥٠٠° م

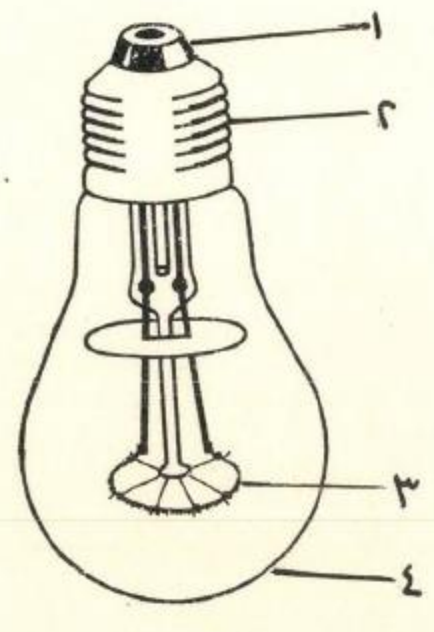
(ب) المشعات الباردة ، مثل مصابيح التفريغ المتألقة :

وفيها تتم الإضاءة بواسطة الشحنات الكهربائية التى تتولد فى الغاز أو فى أبخرة المعادن أو بواسطة إشعاع بعض المواد المضيئة .

(٧٣) المصابيح المتوهجة :

يبين الشكل (١٨٧) تصميما لمصابيح الاستخدام العام .

ويعتبر هذا النوع من المصابيح فى الوقت الحاضر أكثر مصادر الضوء استخداما لإنارة الحجرات والأماكن العامة . وتصنع الفتايل المتوهجة فى معظم الحالات من التنجستن . وتنقسم هذه الفتايل من ناحية الشكل إلى نوعين : أحدهما على شكل حلزون مفرد ، والآخر على شكل حلزون مزدوج . وتوضع الفتيلة داخل بصيلة (وعاء) زجاجية مفرغة من الهواء أو مملوءة بغاز خامل مثل غاز الأرجون أو غاز الكريبتون .



الشكل (١٨٧) التصميم الأساسى لمصباح الاستخدام العام

١ – الملامس المركزى

٢ – قاعدة المصباح

٣ – الفتيلة المتوهجة

٤ – الوعاء الزجاجى (البصيلة) .

وتزود مصابيح الاستخدام العام التى لا تتعدى قدرتها ٢٠٠ وات بقاعدة لولبية عادية (بقطر ٤٠ مم) أو بقاعدة ذات مسمار ، بينما تزود المصابيح التى تتعدى قدرتها ٣٠٠ وات بقاعدة لولبية كبيرة (بقطر ٤٧ مم) .

وتصمم مصابيح الاستخدام العام لتعمل على جهد ٢٢٠ فلط أو ١١٠ فلط . أما القدرة المقننة لمصابيح الاستخدام فهى ١٥ وات ، ٢٥ وات، ٤٠ وات ، ٦٠ وات ، ٧٥ وات ، ١٠٠ وات ، ١٥٠ وات ، ٢٠٠ وات ، ٥٠٠ وات ، ١٠٠٠ وات ، ٢٠٠٠ وات .

ويختلف تصميم المصابيح المتوهجة وأشكالها باختلاف الغرض الذى صنعت من أجله .

وفيما يلى بعض أمثلة للمصابيح المتوهجة :

مصابيح الإضاءة الصغيرة :

مثل مصابيح التليفونات ، وإضاءة التداريج فى الأجهزة ، والمصابيح المستخدمة فى الدراجات والعربات ، إلخ .

مصابيح الإضاء العالية :

مثل المصابيح المستخدمة فى مقدمة السيارات ، وفى الكشافات ، وفى أجهزة السينما .

مصابيح الضوء الغامر :

مثل المصابيح المستخدمة فى الكاميرات وأجهزة التصوير .

(٧٤) مصابيح التفريغ المتألقة :

توجد أنواع كثيرة من مصابيح التفريغ المتألقة،والتى يختلف تصميمها وشكلها وطريقة أدائها باختلاف الغرض الذى صنعت من أجله .

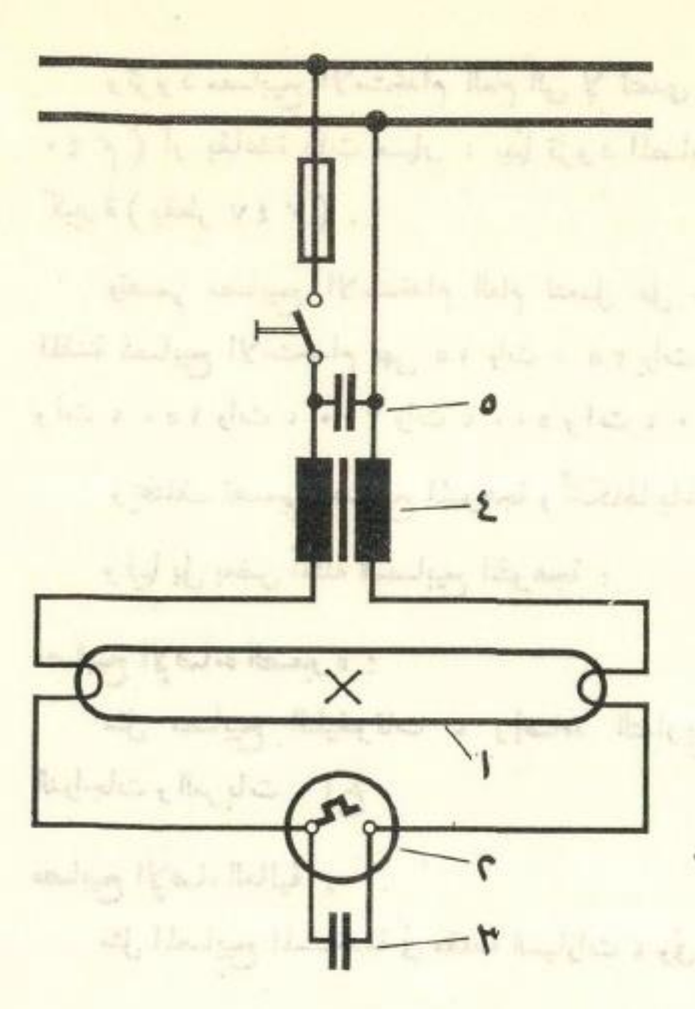
وتعتمد طريقة أداء هذه المصابيح والضوء الصادر منها على المتغيرات الآتية :

- الضغط الجوى الموجود داخل أنابيب المصابيح .
- الجهد الذى تعمل عليه هذه المصابيح .
- نوع الغازات أو الأبخرة الموجودة داخل الأنبوبة .

ومن أهم أنواع هذه المصابيح :

١ - المصابيح الفلورسنتية (بجهد منخفض وضغط جوى منخفض) :

يستخدم هذا النوع من المصابيح الفلورسنتية عادة على جهد ٢٢٠ فلط ، وقد أدخل الكثير من التحسينات على مميزات أداء هذه المصابيح ، بحيث شاع استخدامها فى كثير من الأغراض التى تستعمل فيها المصابيح المتوهجة العادية .



الشكل (١٨٨) رسم لدائرة توصيل المصباح الفلورسنت بجهد منخفض

١ – المصباح
٢ – مبدئ التشغيل
٣ – مكثف لمنع الشوشرة (على أجهزة الراديو).
٤ – ملف كبح التيار .
٥ – مكثف التعويض

ويوضح الشكل (١٨٨) رسما تخطيطيا لدائرة توصيل نوع من أنواع المصابيح الفلورسنتية العادية مع بيان طريقة عمله .

الشكل والتصميم وطريقة عمل المصابيح الفلورسنتية :

يتوقف عمل المصابيح الفلورسنتية على حدوث تفريغ كهربائى فى غاز أو بخار مخلخل موضوع فى حيز مغلق تماما . وتصنع المصابيح الفلورسنتية من أنابيب زجاجية جدرانها الداخلية مغطاة بطلاء يتوهج بفعل الأشعة فوق البنفسجية (غير المرئية) والتى تتولد عند حدوث تفريغ كهربائى فى البخار أو فى الغازات الموجودة داخل الأنبوبة . وتزود الأنبوبة بقطبين (الكترودين)، ويتركب كل قطب من فتيل من التنجستن مثبت فى إحدى نهايتى الأنبوبة . وعند مرور التيار الكهربائى بالفتيل يقوم بتسخين لوحات معدنية موضوعة أمامه تنطلق منها الإلكترونات أو الشحنات الكهربائية السالبة وتندفع بسرعة داخل الأنبوبة بفعل المجال الكهربائى الموجود بين القطبين . ويؤدى ذلك إلى تأين الغاز أو البخار الموجود بداخلها ومرور تيار إلكترونى يسمى تيار التفريغ داخل الأنبوبة ، وعندئذ تزول الحاجة إلى تسخين الفتيلين ، فيقطع التيار المار بهما بواسطة قاطع أتوماتيكى ثنائى المعدن يطلق عليه اسم « وسيلة بدء التشغيل » و يوصل على التوالى بأقطاب

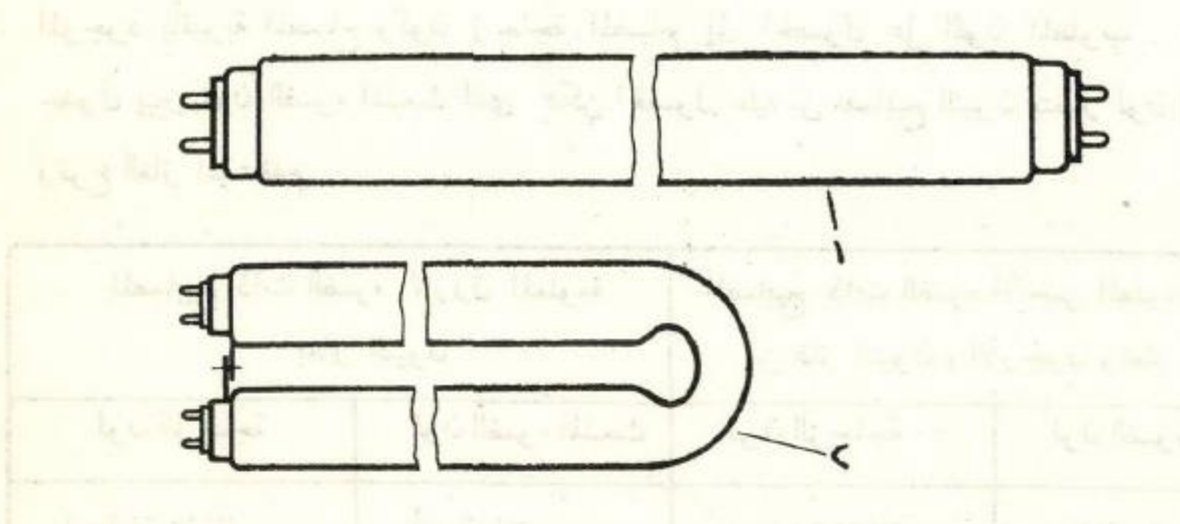
المصباح ملف خانق مكون من عدد كبير من اللفات قيمة حثها الذاتى كبيرة جدا . ويفيد الملف الخانق فى الغرضين الآتيين :

(ا) عند انقطاع تيار التسخين فجأة بواسطة وسيلة بدء التشغيل يتولد بالملف الخانق فلطية ذات قيمة عالية تكفى لإشعال المصباح وحدوث التفريغ الكهربائى المطلوب .

(ب) عند حدوث التفريغ المطلوب يقوم الملف الخانق بكبح التيار نتيجة لزيادة الحث الذاتى فيه (كلما زادت شدة التيار المار فيه) ، وبذلك يقلل من شدة تيار التفريغ كما أنه يعمل على تنظيمه والتحكم فيه . ولهذا السبب الأخير يطلق على الملف الخانق فى بعض الأحيان اسم «وحدة كبح التيار » .

ويوضح شكل (١٨٩) بعض الأشكال التى تصنع على أساسها المصابيح الفلورسنتية .ويبين الجدول التالى الأطوال النمطية للأنبوبة وقدرة دخل المصباح الفلورسنتى المقابلة لكل من هذه الأطوال .

قدرة الدخل بالوات	أنابيب بشكل قضيب				أنابيب بشكل حرف (U)	
	٢٠	٢٥	٤٠	٦٥	٢٥	٤٠
طول الأنبوبة بالمليمتر	٥٩٠	٩٧٠	١٢٠٠	١٥٠٠	٤١٠	٥٢٥



الشكل (١٨٩) أشكال المصابيح الفلورسنت ذات الجهد المنخفض
١ – مصباح فلورسنت بشكل قضيب .
٢ – مصباح بشكل حرف U

مميزات المصابيح الفلورسنتية بجهد منخفض وضغط منخفض :

تمتاز هذه المصابيح بكفاءة ضوئية عالية ، كما أن متوسط عمرها طويل ، وتبلغ كفاءة مصابيح التفريغ بصفة عامة ثلاثة أو أربعة أضعاف كفاءة المصابيح المتوهجة التى تماثلها فى الاستهلاك . ومتوسط عمر هذه المصابيح يتراوح بين ٥٠٠٠ و ٨٠٠٠ ساعة ، على أساس استمرار تشغيل المصباح أربع ساعات متواصلة فى كل مرة يتم فيها تشغيل دائرته . بينما لا يتعدى عمر المصباح المتوهج فى المتوسط ١٠٠٠ ساعة تشغيل .

ومن مزايا هذه المصابيح أنها تعطى إضاءة تشبه ضوء النهار . كما يمكن صنع هذه المصابيح بحيث ينبعث منها الضوء بألوان مختلفة ، كالأبيض المتعادل والأبيض المصفر ، والأبيض ضعيف النفاذية . وتستخدم بعض المصابيح الفلورسنتية التى ينبعث منها الأضواء الزاهية مثل الأخضر أو الأحمر أو الأزرق لأغراض خاصة كالإعلان والزينة ، إلخ .

٢ – المصابيح الفلورسنتية بجهد عال وضغط عال جوى منخفض (مصابيح النيون) :

يطلق على المصابيح الفلورية ذات الضغط الجوى المنخفض والتى تعمل على جهد عال اسم « مصابيح النيون » . تستخدم مصابيح النيون فى الإعلانات المضيئة فقط . ويستخدم مع هذه المصابيح محولات بجهد ثانوى يصل إلى ٦ ك.ف. وتنبعث من هذه المصابيح إضاءة بألوان مختلفة ، مثل الأزرق أو الأحمر أو الأخضر كما سبق أن ذكرنا . ويؤدى نوع الغاز الموجود بأنبوبة المصباح ولون زجاجة المصباح إلى الحصول على اللون المطلوب . وفيما يلى جدول يبين لون الضوء المنبعث الذى يمكن الحصول عليه من مصابيح النيون بتغيير لون الزجاجة ونوع الغاز المستخدم .

المصابيح ذات الضوء الأزرق المملوءة بغاز النيون		المصابيح ذات الضوء الأحمر المملوءة بخليط من غاز النيون والأرجون وبخار الزئبق	
لون الزجاجة	لون الضوء المنبعث	لون الزجاجة	لون الضوء المنبعث
زجاجة شفافة	أزرق فاتح	زجاجة شفافة	برتقالى على أحمر
زجاجة صفراء	أخضر	زجاجة حمراء	أحمر قان
زجاجة بنية	أصفر	زجاجة بيضاء	أحمر فاتح
زجاجة خضراء	أخضر فاتح		
زجاجة بيضاء	أزرق فاتح		

وتوضح البيانات التالية قيم الجهد والتيار التى تعمل عليها مصابيح النيون :

المصابيح ذات الضوء الأزرق بقطر ٢٧ مم – ٢١٠ فلط لكل متر طولى ويمر بها ٣٥ ملى أمبير

المصابيح ذات الضوء الأزرق بقطر ٢٢ مم – ٢٥٠ فلط لكل متر طولى ، ويمر بها ٥٠ ملى أمبير .

المصابيح ذات الضوء الأحمر بقطر ١٢ مم – ٣٠٠ فلط لكل متر طولى ، ويمر بها ٣٥ ملى أمبير .

المصابيح ذات الضوء الأحمر بقطر ٢٢ مم – ٣٥٠ فلط لكل متر طولى ، ويمر بها ٥٠ ملى أمبير .

٣ – المصابيح الفلورسنتية بجهد عال وضغط جوى منخفض :

وهى أحد أنواع المصابيح الفلورسنتية ذات الجهد العالى التى تعمل تحت ضغط جوى منخفض. وهى تشبه إلى حد كبير أنواع المصابيح النيون ذات الضوء الأزرق التى تنتج كمية كبيرة جدا من الأشعة فوق البنفسجية غير المرئية . فإذا طليت جدران أنابيب هذه المصابيح من الداخل بمادة فلورية ، فإنها تتوهج بدرجة كبيرة عندما تصطدم بها هذه الأشعة فوق البنفسجية . ويتوقف فلون الإضاءة المنبعثة من هذه المصابيح أيضا على نوع الزجاج ومادة الفلور المستخدمة فى طلائها .

وتمتاز هذه المصابيح بكفاءة ضوئية أكثر بكثير من الكفاءة الضوئية للمصابيح ذات الضوء الأزرق .

وتعمل هذه المصابيح على نظم الجهد العالى (فى حدود ٦ ك.ف) ، ولذلك يستخدم معها محولات لها ملفات ثانوية بجهد عال . وتستخدم هذه المصابيح فى الإعلانات المضيئة وفى الأغراض العامة .

٤ – مصابيح الصوديوم (بجهد منخفض وضغط جوى منخفض) :

إذا أضيف إلى المصابيح المملوءة بغاز النيون بعض آثار من الصوديوم الذى يتبخر عندما يسخن المصباح ، فإننا نحصل على مصباح الصوديوم الذى ينبعث منه ضوء له شدة ضوئية عالية . ومن خصائص هذا المصباح أنه يعمل بعد تشغيل دائرته بمدة تتراوح بين ٨ ، ١٠ دقائق ، وأن لون الضوء المنبعث منه هو اللون الأصفر الذى ترتاح إليه العين وتتضح به تفاصيل الأشياء ، بالرغم من أنه يسبغ على الأجسام فى الغالب ألوانا قاتمة ، أو ألوانا صفراء . ويتميز الضوء المنبعث من هذه المصابيح بقدرته على اختراق الأبخرة والضباب ، مما يجعل استخدامه فى إنارة الطرق والموانى المعرضة للضباب والأبخرة أمرا ضروريا لمنع الحوادث والارتباكات التى قد تحدث نتيجة لاستعمال إضاءة عادية فى مثل هذه الظروف .

٥ – مصابيح بخار الزئبق (بجهد عال و ضغط جوى عال) :

تعطى مصابيح بخار الزئبق ضوءاً له لون مقبول عن الضوء الذى تعطيه مصابيح الصوديوم . وعند ارتفاع الضغط داخل أنبوبة المصباح إلى حوالى ١٠ ضغط جوى ، فإن الكفاءة الضوئية للمصباح تصل إلى أعلى قيمة لها .

كيفية تشغيل المصباح :

عند مرور التيار الكهربائى خلال الزئبق فإنه يتبخر ويحدث بالمصباح قوس كهربائى فى جو من بخار الزئبق يؤدى إلى إنتاج أشعة فوق البنفسجية عند أقطاب المصباح . وتحاط أقطاب المصباح الزئبقى عادة بأنابيب من الزجاج من نوع معين لتظل درجة حرارة الأقطاب ثابتة ، ولكى تمنع الإشعاعات فوق البنفسجية الضارة من الانبعاث للخارج .

وتستخدم الإضاءة الزئبقية الآن فى بعض المصانع للأعمال التى تستلزم رؤية تفاصيل الأشياء الدقيقة ، كما تستخدم فى الأماكن التى يوجد بها أتربة أو أبخرة تحجب الرؤية مثل مصانع الأسمنت ومصانع الغزل والمسابك .. إلخ .

٦ – المصابيح الزئبقية الفلورسنتية :

يعتبر هذا المصباح أحد أنواع مصابيح الزئبق المعدلة ،وفيه تغطى جدران المصباح الزئبق بمادة الفلور ، مما يساعد الإشعاعات فوق البنفسجية المنبعثة بكثرة من بخار الزئبق إلى الاصطدام بمادة الفلور ، فينتج عن ذلك توهج عال وضوء ذو كفاءة عالية جداً ، ويتميز هذا الضوء باللون الأبيض المصفر وتشوبه آثار لون أخضر . وتستخدم هذه المصابيح لإنارة الأماكن الشاسعة المساحة والطرق الطويلة وملاعب الكرة ، إلخ .

(٧٥) هندسة الإضـــاءة :

تبنى الأسس العلمية للهندسة الضوئية على عدد من التعريفات والاصطلاحات مثل : شدة الإضاءة – والتدفق الضوئى – وكمية الضوء – والكفاءة الضوئية – والشدة الضوئية–والكثافة الضوئية ، التى يمكن التعبير عنها بالوحدات المعترف بها ، والتى يمكن أن نجدها فى الكتب المتخصصة فى الهندسة الضوئية . وتهتم هندسة الإضاءة بوصف الطرق المناسبة لاختيار الضوء المناسب للمكان المناسب ، والذى يعطى الراحة التامة ، والكفاءة الضوئية اللازمة ، بحيث لا يسبب للأفراد أى إزعاج نتيجة لزيادة أو قلة الإضاءة . لذلك يفضل استخدام المهندسين المتخصصين فى عمليات الإضاءة للقيام بتصميم وتخطيط الإضاءة اللازمة للمصانع والمنشآت المختلفة ، أو للقيام بتصميم إضاءة أماكن العمل ، والطرقات، والشوارع ، والملاعب ، والمخازن،وغير ذلك ، لضمان ملاءمة إضاءة المكان لطبيعة العمل وللأفراد القائمين ، والحصول على الإضاءة المناسبة بأقل التكاليف .

منحنى توزيع شدة الإضاءة :

من المعروف أن المصباح العادى المعلق فى السقف لا يعطى ضوءاً له اتجاه محدد . لذلك تستخدم وسائل تثبيت المصابيح المختلفة لتفى بعدة أغراض سنذكرها فيما بعد . ومن أهم الأساليب المتبعة فى قياس كفاءة أى وسيلة من وسائل تثبيت المصابيح استخدام منحنى توزيع شدة الإضاءة .

وينقسم منحنى توزيع شدة الإضاءة إلى جزءين : الجزء العلوى ، والجزء السفلى . ويحدد الجزء العلوى شدة الإضاءة فى الجزء من الحجرة الذى يعلو المصباح ، أما الجزء السفلى فيحدد شدة إضاءة الجزء من الحجرة الواقع أسفل المصباح . ومن هنا نشأت أهمية استخدام وسائل تثبيت المصابيح .

(٧٦) وسائل تثبيت المصابيح :

تستخدم وسائل تثبيت المصابيح فى الأغراض الآتية :

١ – التأثير على اتجاه وتوزيع الإضاءة الصادرة من المصباح ، أى التحكم فى منحنى توزيع شدة الإضاءة بحيث يفى بالغرض الذى استخدم المصباح من أجله .

٢ – تسهيل عملية تركيب المصباح والسلك وملحقاته بطريقة مقبولة .

٣ – حماية المصباح من المؤثرات الخارجية التى قد يتعرض لها .

٤ – منع الأتربة والأقذار من التعلق بالمصباح مباشرة .

٥ – حماية العين من تركيز شدة الإضاءة عليها نتيجة لعدم توزيع الضوء توزيعا مريحا .

تقسيم وسائل تثبيت المصابيح :

من الممكن تقسيم وسائل تثبيت المصابيح إلى مجموعات تبعا للأغراض الآتية :

١ – منحنى توزيع شدة الإضاءة .

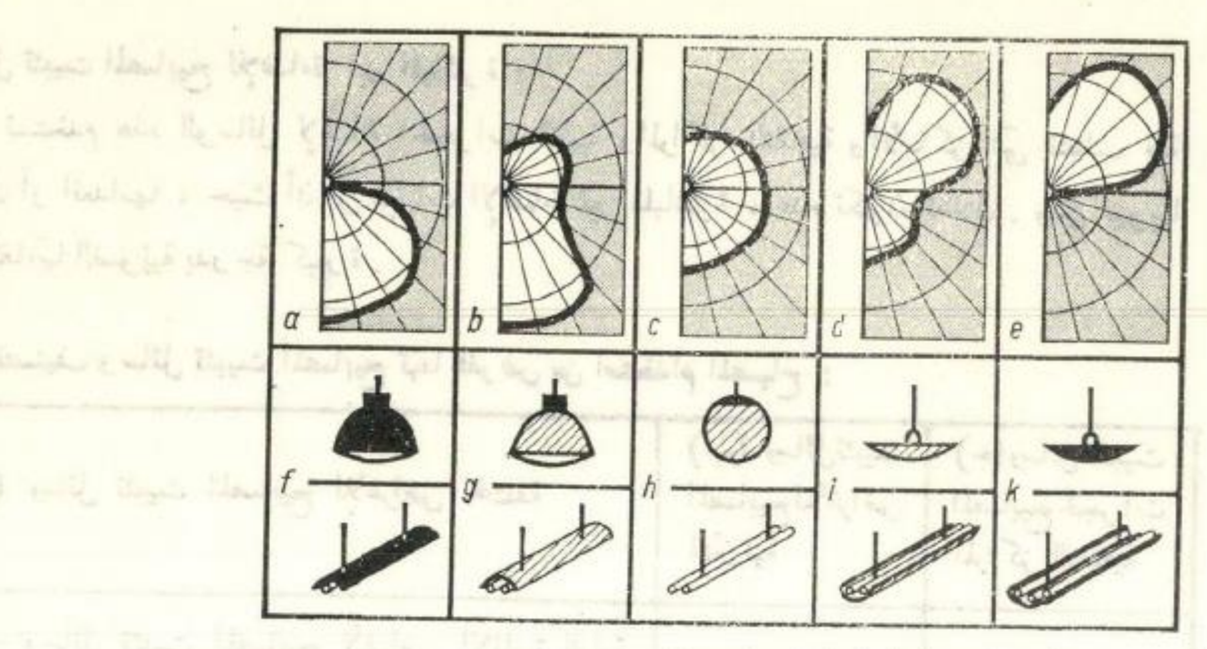
٢ – الغرض من استخدام المصباح .

٣ – ثبوتها فى مكانها أو قابليتها للتحريك .

١ – تقسيم وسائل تثبيت المصابيح تبعا لمنحنى توزيع شدة الإضاءة :

يبين الجدول التالى مع الشكل رقم (١٩٠) توضيحا عمليا لمميزات وخصائص هذا التقسيم وكيفية الاستفادة من منحنى توزيع شدة الإضاءة لاختيار أنسب وسائل التثبيت ، حيث أن كل نوع من أنواع توزيع الإضاءة تقابله وسيلة التثبيت التى تناسبه ، كما يفيد منحنى التوزيع فى الحصول على شدة الإضاءة المطلوبة أسفل المصباح أو أعلاه أو كليهما تبعا للمواصفات المطلوبة .

شدة الإضاءة	رسم ١٩٠ أ	رسم ١٩٠ ب	رسم ١٩٠ جـ	رسم ١٩٠ د	رسم ١٩٠ هـ
نسبة تدفق الإضاءة فى الجزء العلوى من المصباح .	صفر — ١٠	١٠ — ٤٠٪	٤٠ — ٦٠٪	٦٠ — ٩٠٪	٩٠ — ١٠٠٪
نسبة تدفق الإضاءة فى الجزء السفلى من المصباح .	٩٠ — ١٠٠٪	٦٠ — ٩٠٪	٤٠ — ٦٠٪	١٠ — ٤٠٪	صفر — ١٠٪
نوع وسيلة التثبيت	وسيلة تثبيت لإضاءة مباشرة تماما .	وسيلة تثبيت لإضاءة شبه مباشرة	وسيلة تثبيت لإضاءة منتظمة (مباشرة ، وغير مباشرة) .	وسيلة تثبيت لإضاءة غير مباشرة تقريبا	وسيلة تثبيت لإضاءة غير مباشرة
خصائص الإشعاع الناتج	وسيلة تثبيت تسمح للضوء بالانتشار فى حدود زاوية ضيقة .	وسيلة تثبيت تسمح للضوء بالانتشار فى زاوية أكبر .	وسيلة تثبيت تسمح للضوء بالانتشار إلى أعلى وإلى أسفل بالتساوى .	وسيلة تثبيت تسمح للضوء بالانتشار إلى أعلى أكثر منه إلى أسفل	وسيلة تثبيت تسمح للضوء بالانتشار إلى أعل فقط .
رقم رسم وسيلة التثبيت المقابلة	شكل ١٩٠ ح	شكل ١٩٠ ك	شكل ١٩٠ ل	شكل ١٩٠ م	شكل ١٩٠ ن



الشكل (١٩٠) انظر الجدول من أ — ى

ومن هذا الجدول يمكن اختيار وسيلة التثبيت المناسبة لنوع العمل والمكان المطلوب إضاءته . وفيما يلي وصف عام لوسائل التثبيت المختلفة المذكورة فى الجدول السابق .

وسائل تثبيت بإضاءة مباشرة :

تستخدم هذه الوسائل فى الورش ، وخاصة تلك التى لها أسقف عالية . وتسمح هذه الوسائل عادة للضوء بالانتشار فى زوايا ضيقة لتركيز الضوء على الأماكن المطلوب إضاءتها ، كما تستخدم لإضاءة الأماكن التى تحتاج إلى إضاءة مباشرة وخاصة تلك التى يتم فيها تجميع الأجزاء الدقيقة ، حيث أن الإضاءة غير المباشرة لا تصلح لمثل هذه الأماكن . وتستخدم أيضا فى إضاءة المخازن والأماكن المكشوفة وفى إنارة واجهات المحلات .

وسائل تثبيت بإضاءة شبه مباشرة :

تستخدم هذه الوسائل فى إنارة الحجرات والمكاتب ،وفى إنارة الورش ذات السقف المنخفضة، وخاصة تلك التى لا تستدعى تجنب الظلال .

وسائل تثبيت المصابيح للإضاءة المنتظمة :

تستخدم هذه الوسائل لإضاءة المكاتب والورش ذات السقف العادى ، والتى طليت جدرانها وسقفها بألوان زاهية ، مما يتطلب الإضاءة المنتظمة مع تجنب الظلال الكثيرة ، علما بأن كفاءتها الضوئية متوسطة .

وسائل تثبيت المصابيح للإضاءة غير المباشرة تقريبا :

تستخدم هذه الوسائل لإضاءة المكاتب ، وفى الأماكن العامة التى لا تؤثر الظلال فى درجة وضوحها ، وفى الأماكن التى تتطلب إضاءة منتظمة أيضا، مثل الاستراحات والمراكز الثقافية علما بأن كفاءتها الضوئية عالية .

وسائل تثبيت المصابيح للإضاءة غير المباشرة :

تستخدم هذه الوسائل لإضاءة الحجرات الطبية والمراكز الثقافية والأماكن التى تتطلب قلة الظلال أو انعدامها ، حيث أن من مميزات الإضاءة غير المباشرة ، عدم تكون الظلال . ومن عيوبها قلة كفاءتها الضوئية بدرجة كبيرة .

٢ – تصنيف وسائل تثبيت المصابيح تبعا للغرض من استخدام المصباح :

(ا) وسائل تثبيت المصابيح للأغراض المختلفة	(ب) وسائل تثبيت المصابيح للأغراض المنزلية	(ج) وسائل تثبيت المصابيح لحجرات المراكز الثقافية
– وسائل تثبيت المصابيح لأغراض الإنارة العامة لحجرات التى يتم فيها تشغيل المنتجات . – وسائل تثبيت المصابيح لإنارة مكان معين فى الحجرات التى يتم فيها تشغيل المنتجات . – وسائل تثبيت المصابيح فى الحجرات التى قد تتعرض لأخطار معينة مثل الإنفجارات أو الغازات . – وسائل تثبيت المصابيح المستخدمة فى التصوير وفى أغراض الزينة . – وسائل تثبيت مصابيح السيارات والقطارات .		

٣ – تصنيف وسائل تثبيت المصابيح تبعا لقابليتها للتحريك أو ثباتها فى مكانها :

وسائل تثبيت قابلة للتحريك	وسائل تثبيت ساكنة أو ثابتة فى مكانها
– وسائل تثبيت مزودة بتجهيزات لإحكام وضع وسائل تثبيت المصابيح فى مكانها . – وسائل تثبيت بدون تجهيزات لإحكام وضع وسائل تثبيت المصابيح فى مكانها وتنقسم إلى : – (ا) وسائل تثبيت نقالى – (ب) حوامل لوسائل التثبيت يمكن نقلها فى أى مكان يدويا أو بالقدم .	– وسائل تثبيت المصابيح فى السقف . – وسائل تثبيت المصابيح فى الحائط . – وسائل لتثبيت المصابيح فى الأرض . – وسائل تثبيت المصابيح داخل المبانى – وسائل لتثبيت المصابيح تستخدم بحيث يمكن توصيلها بوسائل تثبيت أخرى .

ويجب عند اختيار أنسب وسائل التثبيت التى تلائم الغرض المطلوبة من أجله الإضاءة أن توضع جميع الخصائص والمميزات التى سبق ذكرها فى الاعتبار .

الباب التاسـع

اجهزة تحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة حرارية

(٧٧) عـام :

يمكن الحصول على طاقة حرارية من الطاقة الكهربائية باستخدام أجهزة ووسائل مختلفة كالآتى :

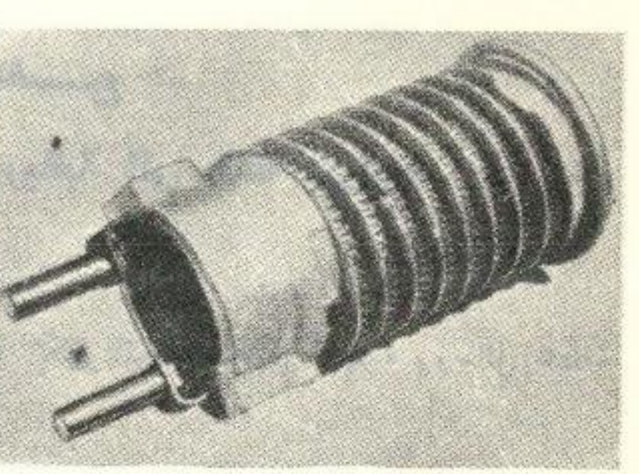
١ — باستخدام مقاومات مصنوعة من مواد ذات مقاومة عالية ، تنبعث منها حرارة عالية بمجرد مرور التيار الكهربائى فيها ، وتتناسب درجة الحرارة الناتجة تناسبا طرديا مع مربع شدة التيار المار والمقاومة النوعية للسلك المستخدم وطوله ، وتتناسب تناسبا عكسيا مع مساحة مقطع السلك . وقد سبق ذكر ذلك فى الجزء الأول من الكتاب . ويبين الشكل (١٩١) عنصر مقاومة لمسخن إشعاعى .

٢ — باستخدام القوس الكهربائى : وذلك بإمرار تيار كهربائى بين قطبى كربون بجهد مقداره حوالى ٥٥ فلط . ثم يفصل القطبان عن بعضهما البعض لمسافة مناسبة ، وبذلك يمكن الحصول على درجة حرارة تتراوح بين ٣٥٠٠ إلى ٤٠٠٠° م.وتتناسب درجة الحرارة مع شدة التيار المار بين قطبين (ويتراوح بين ١٠ ، ٢٠٠ أمبير) ، تبعا لدرجة الحرارة المطلوبة كما فى الشكل (١٩٢) .

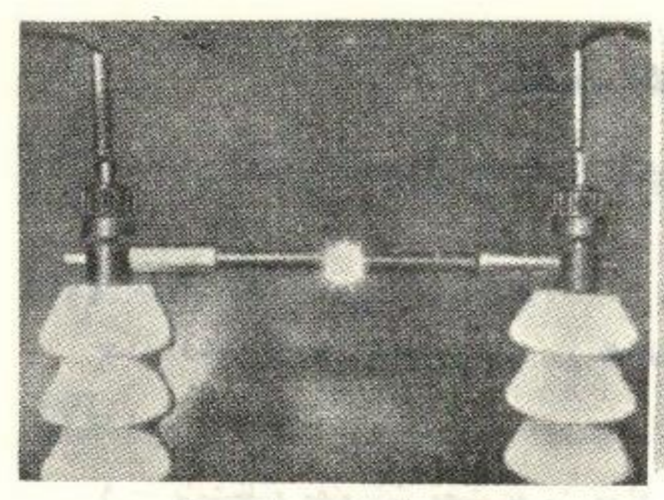
٣ — باستخدام الطرق الحثية،وذلك بتطبيق نظرية المحول . أى باستخدام محول ذى قدرة كبيرة تغذى ملفاته الابتدائية من شبكة التغذية وتقصر دائرة ملفاته الثانوية ، فيمر بها تيار ثانوى ذو شدة عالية ، يؤدى إلى توليد طاقة حرارية كبيرة . ويستخدم لهذا الغرض محول عدد لفات ملفاته الثانوية صغير ، وتكون عادة على هيئة وعاء توضع بداخله المواد أو الخامات المراد إذابتها أو صهرها أو تسخينها . ويبين شكل (١٩٣) الأساس الذى تنبنى عليه نظرية المحول الحثى .

٤ — بامتصاص الطاقة الإشعاعية . وتعتمد هذه الوسيلة على تحويل الموجات تحت الحمراء غير المرئية ، والتى يتراوح طولها بين ٨٠٠ مم و ١ مم ، إلى حرارة فى الأجسام المعرضة لهذه الإشعاعات . ويستخدم الهواء عادة كحامل للموجات الإشعاعية بين الجسم المشع والجسم المعرض لهذه الإشعاعات (الجسم المطلوب تسخينه) . ويبين شكل (١٩٤) أنواع الإشعاعات التى تنحصر

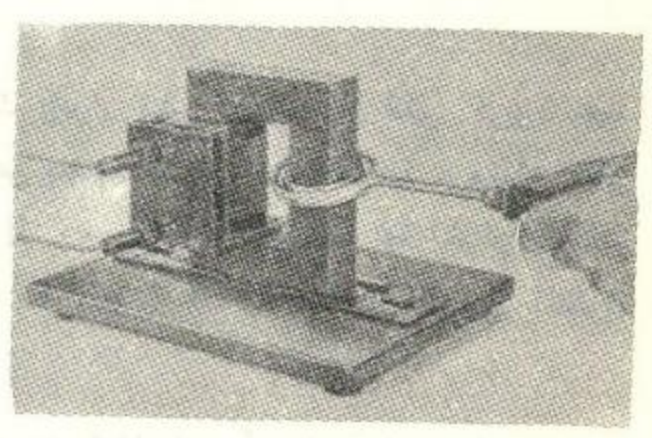
بين الموجات التى يتراوح طولها بين ٤٠٠مم و ١ مم، وأنواع الإشعاعات التى تنحصر بين الموجات التى يتراوح طولها بين ٤٠٠ مم ، ٨٠٠ مم



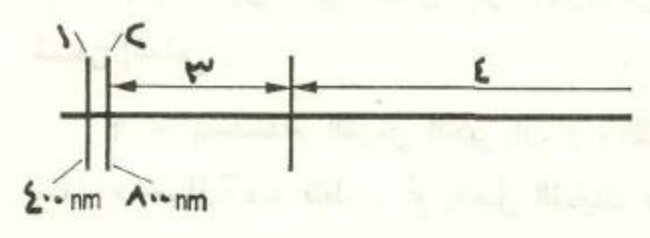
الشكل (١٩١) عنصر تسخين عبارة عن مقاومة تشع منها الحرارة



الشكل (١٩٢) قوس كهربائى ناتج من الكترودين على هيئة قضيبين بينهما ثغرة هوائية



الشكل (١٩٣) أساس عمل المحول الحثى المستخدم فى التسخين



الشكل (١٩٤) طول الموجات الذى يقع داخل حدود مدى الإشعاع تحت الأحمر

١ – الإشعاع فوق البنفسجى .
٢ – الإشعاع المرئى .
٣ – الموجات القصيرة للإشعاع تحت الأحمر
٤ – الموجات الطويلة للإشعاع تحت الأحمر .

(٧٨) المعدات المستخدمة فى تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية :

سنتاول بالشرح فى هذا المجال المعدات المستخدمة فى الأغراض المنزلية وبعض المعدات المستخدمة فى الصناعة والزراعة . وتعمل هذه المعدات عادة على الجهود المنخفضة العادية مثل ١١٠ فلط ، ٢٢٠ فلط .

وفيما يلى قائمة ببعض معدات التسخين المستخدمة فى الأغراض المنزلية :

نوع المعدات	متوسط قدرة الدخل
أفران تسخين كهربائية	٦٥ وات .
أفران للطهى	حتى ١,٥ ك . وات .
دفايات كهربائية	من ٠,٥ إلى ١,٠ ك . وات .
أفران خبيز	من ١ إلى ٣ ك . وات .
سخانات مغمورة صغيرة	من ٣٠٠ إلى ١٠٠٠ وات
سخانات لخزانات المياه الساخنة	٠,٥ — ٦ ك . وات .
المكاوى الكهربائية	٣٠٠ — ٦٠٠ وات .

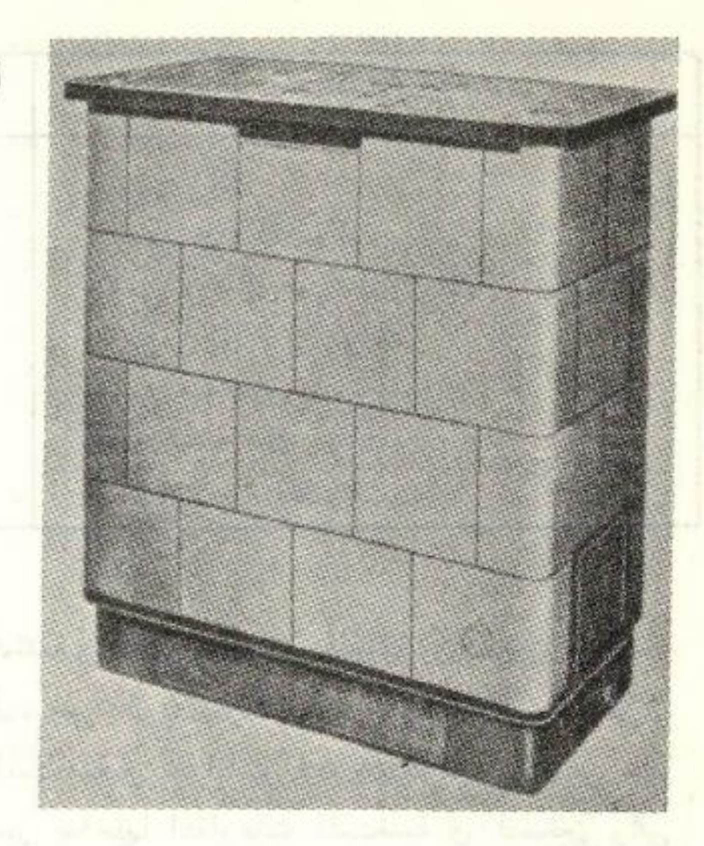
سخانات المياه المنزلية :

من المعروف أن السخانات الكبيرة المستخدمة فى تدفئة الحجرات المنزلية وفى تسخين خزانات المياه، يتم تشغيلها ليلا فى ساعات الحمل الأدنى، حتى يكون سعر استهلاك الكهرباء أقل ما يمكن . ويبين شكل (١٩٥) أحد أنواع السخانات المستخدمة فى خزانات المياه.ويتكون الخزان من مبنى من الطوب الحجرى مملوء بالماء ، وبه مواسير بداخلها المقاومات المستخدمة فى التسخين والتى يتم تشغيلها ليلا . أما أثناء النهار فترفع أغطية هذه السخانات وتخرج منها الأبخرة لتبعث الدفء فى الفراغ المحيط بها . أو تدفع المياه الساخنة فى مواسير الحجرات المختلفة أثناء الليل أو النهار لتدفئتها. وتستخدم فى هذه الخزانات أنواع مختلفة من وسائل لتحكم الكهربائية ، مثل الساعات الزمنية لتحديد ساعات تشغيل هذه المعدات ، كما تستخدم بها مبينات درجات الحرارة . وأجهزة القطع والوصل ، لتحديد درجة الحرارة المطلوبة ، وأوقات تشغيل هذه المعدات . وفيما يلى بيان بالأبعاد التقريبية لخزانات المياه الكهربائية المستخدمة فى تدفئة الحجرات ، وكذلك قدرة الدخل اللازمة لكل منها .

وتحتاج خزانات المياه الكهربائية المستخدمة فى التدفئة والتى يتراوح حجمها بين ١٠م٣ ، ٥٠ م٣ إلى حوالى ٨٠ وات لكل متر مكعب . أما الخزانات التى يتراوح حجمها بين ٥٠ م٣ ، ١٠٠م٣ فتحتاج إلى حوالى ٦٠ وات لكل متر مكعب . وتحتاج الخزانات التى يتراوح حجمها بين ١٠٠م٣ ، ١٥٠م٣ إلى حوالى ٤٠ وات لكل متر مكعب .

يستخدم سخان المياه المبين فى الشكل (١٩٦) وهو بقدرة دخل ٤ ك وات ، فى تدفئة حجرة أبعادها ٣م × ٤ م × ٤م لتصل درجة حرارتها إلى ٢٠°م . ومن الممكن تحديد درجة الحرارة باستخدام مبينات درجة الحرارة المزودة بأجهزة صغيرة للقطع والوصل والتحكم فى الكهرباء بحيث تظل درجة الحرارة فى نطاق حدود معينة .

وفى نظام التغذية المغلق يدخل الماء البارد عن طريق صمام خاص إلى وعاء السخان الكهربائى حيث يتم تسخين المياه . ثم يسمح للماء الساخن بالمرور إلى مواسير التدفئة عن طريق صمام آخر . ثم تعود المياه بعد ذلك إلى السخان عن طريق الصمام الأول ، وهكذا .

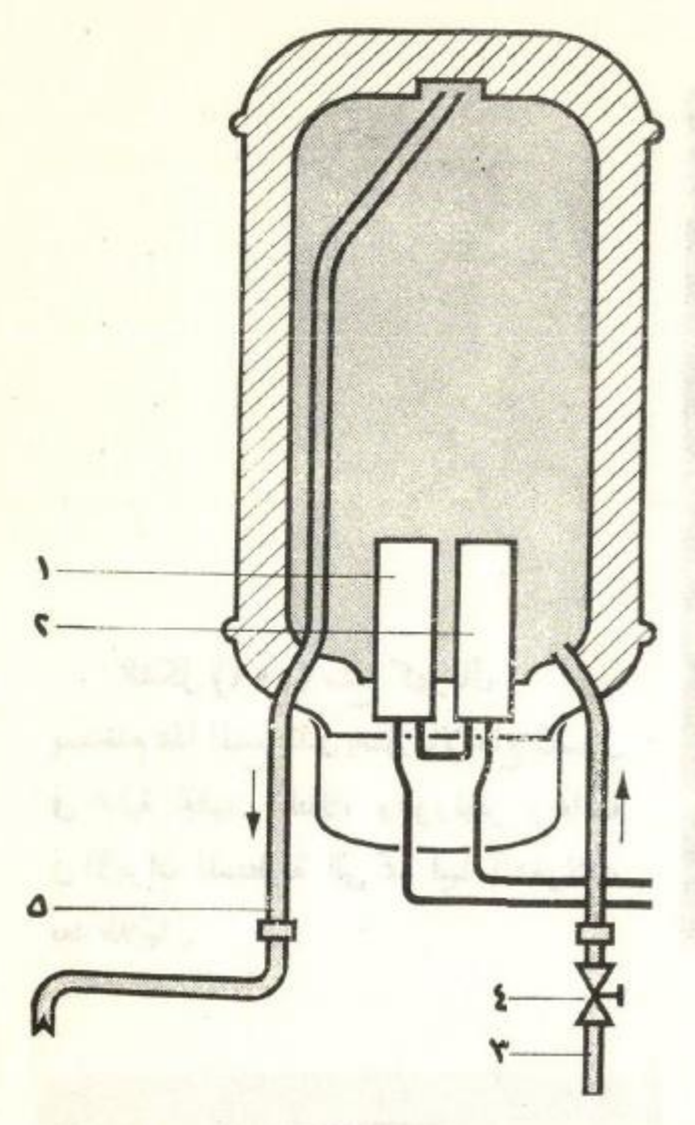


الشكل (١٩٥) خزانات المياه الساخنة .

بيان بقدرة بعض معدات الاستخدام المنزلية للتدفئة أو للتسخين، وبعض المعدات المستخدمة فى الأغراض الصناعية والزراعية .

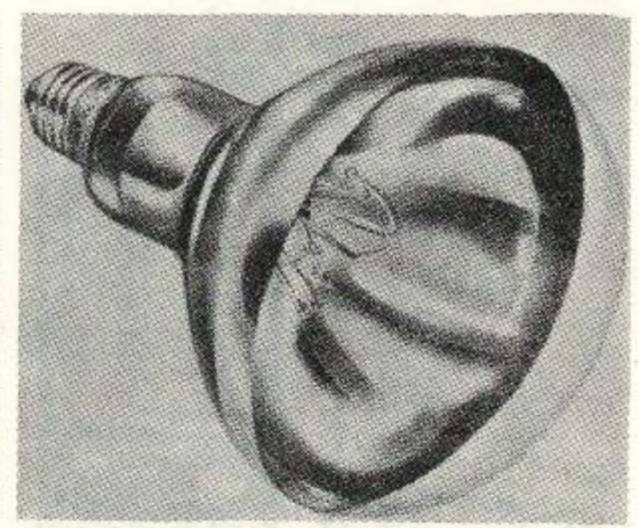
نوع المعدات	متوسط قدرة الدخل
سخانات لخزانات المياه الساخنة	٤,٥ ك .و
مشع مضىء	١٢٥ وات ، ٢٥٠ وات ، ٥٠٠ وات
فرن بالقوس الكهربائى (٣٥ طن)	١٢,٠٠٠ ك.ف .أ
فرن حثى (بمحول مقصر الدائرة الثانوية) .	١٢٠ ك.ف.أ (٥٠ ذ/ث)
فرن حرارى بمقاومات	١٠٨ ك.ف.أ (ليعطى حرارة ١٣٥٠ م°)
معدات اللحام بالمقاومة	١ ك. وات — ٣٠ ك.وات .

وتبين الأشكال من (١٩٧ — ٢٠١) بعض المعدات المستخدمة فى المجالات الصناعية والزراعية للتسخين والتدفئة .

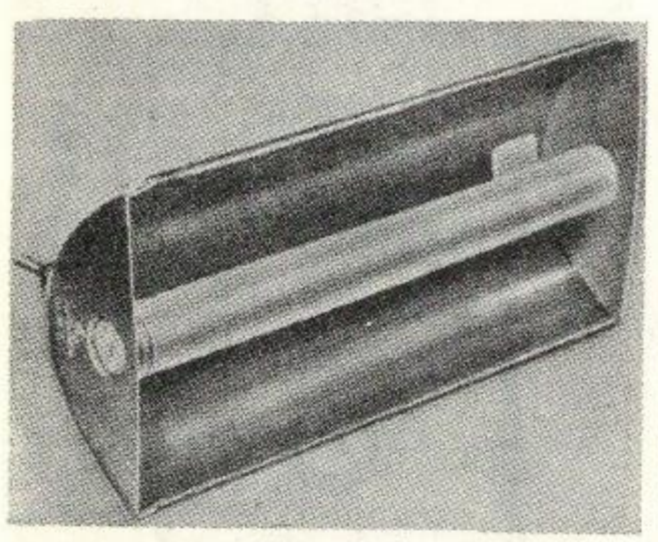


الشكل (١٩٦) رسم لمقطع فى سخان كهربائى للمياه بنظام التدفق المستمر .

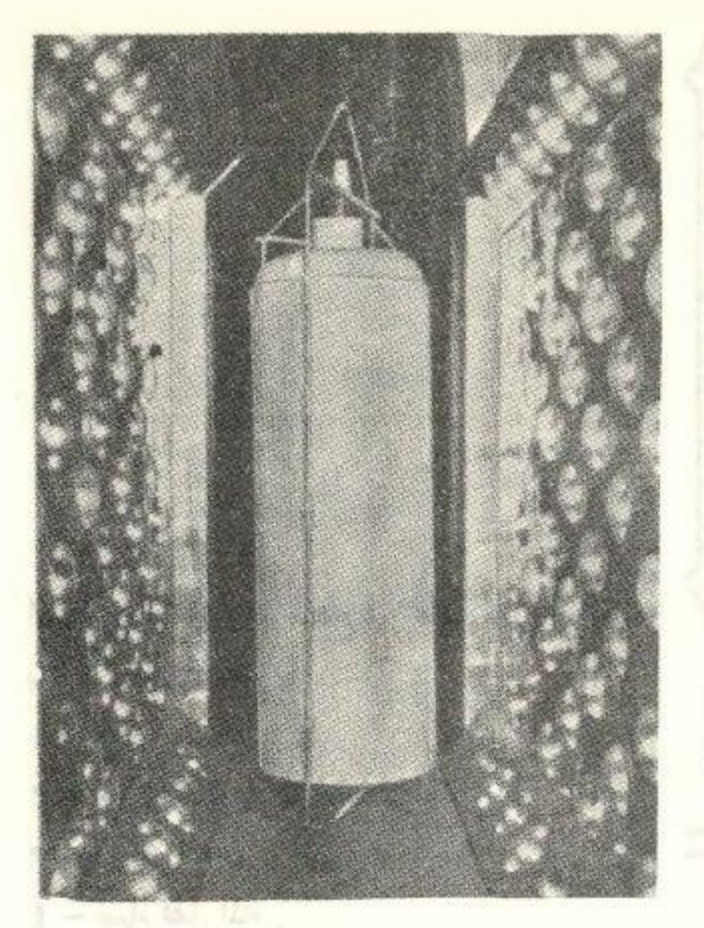
١ – عنصر تسخين
٢ – جهاز تحكم فى درجة الحرارة
٣ – مواسير دخول الماء البارد .
٤ – صمام قفل الماء .
٥ – ماسورة تدفق الماء الزائد وخروج الماء الساخن .



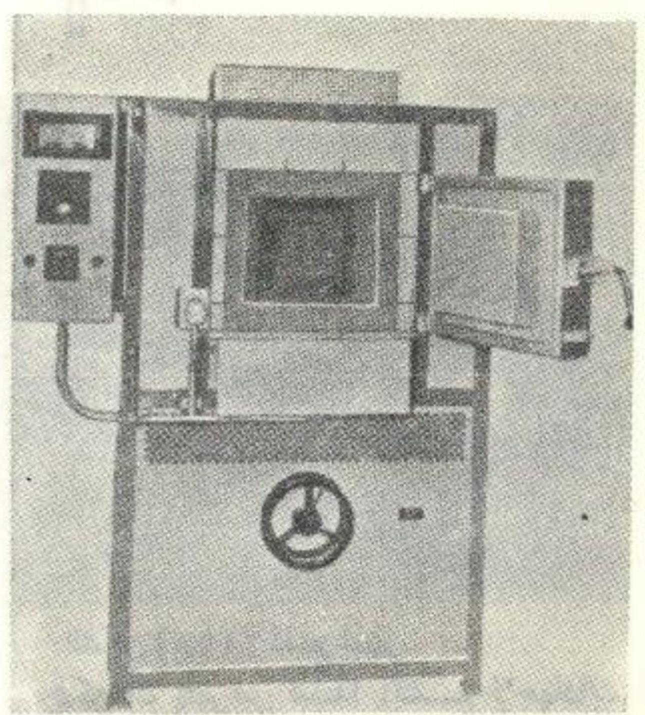
الشكل (١٩٧) مشع مضئ
فى هذا المشع تتحول حوالى ٢٪ من القدرة الداخلة للمشع إلى ضوء مرئى عند درجة حرارة ١٥٠°م. ويستخدم المشع المضئ عندما تلزم عمليتا الإضاءة والتسخين معا فى نفس الوقت . وتستخدم مثل هذه المشعات المضيئة فى حظائر تربية الحيوانات .



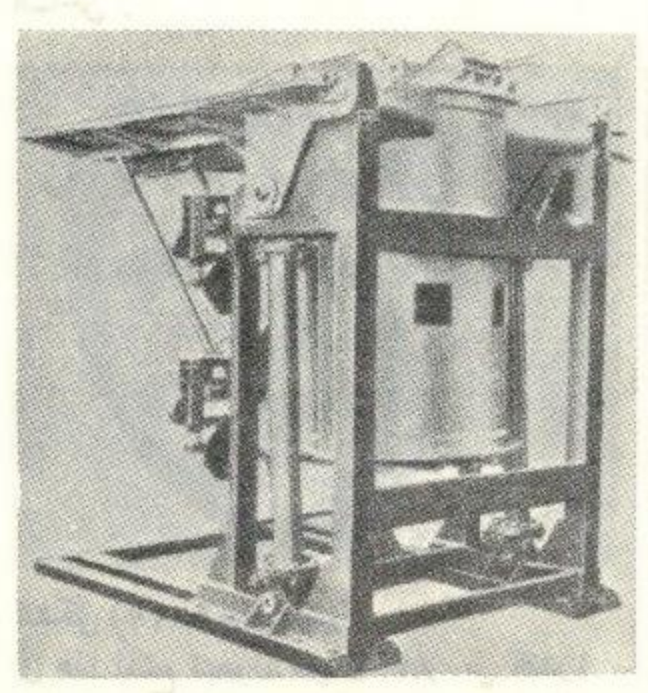
الشكل (١٩٨) المشع المظلم
يمكن أن يتعرض هـذا المشـع لإجهادات ميكانيكية عالية. وتصل درجة حرارته إلى ٤٥٠°م. ويستخدم فى الحالات التى لايلزم فيها وجود إضاءة مطلقا بجانب عملية التسخين. ويستخدم فى دور السينما، وفى معامل التصوير ومصانع التجفيف .



الشكل (١٩٩) مشع كهربائى
يستخدم هذا المشع الذى يعمل بالإشعاع الضوئى فى عملية تجفيف الطلاء والورنيش وخاصة فى الأفران المستطيلة التى تمر فيها المشغولات بعد طلائها .



الشكل (٢٠٠) الأفران ذات المقاومة
تستخدم الأفران التى يتم فيها التسخين بالمقاومات فى المعاملات الحرارية للصلب (عمليات التخمير والتقسية)



الشكل (٢٠١) الأفران الحثية .
تستخدم هذه الأفران أساسا فى عمليات صهر المعادن

هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية



نظرة عامة على هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية
(هندسة التيار الضعيف)

يطلق على هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية فى بعض الأحيان اسم هندسة إرسال واستقبال الإشارات والمعلومات والبيانات بالتيار الضعيف .

ويبين شكل (٢٠٢) المراحل التى تمر بها إشارة ما ، ابتداء من نقطة إرسالها حتى نقطة استقبالها فى الطرف الآخر . وتختلف أجهزة الإرسال والاستقبال وطرق الاتصال بينها باختلاف المعلومات المراد نقلها .

فقد يكون مرسل المعلومات رجلا يتكلم فى ميكروفون ، والمستقبل رجلا آخر يتلقى هذه المعلومات بواسطة سماعة يربطها مع الميكروفون سلك موصل . وفيما يلى مثالان أحدهما لاتصال سلكى والآخر لاتصال لاسلكى :

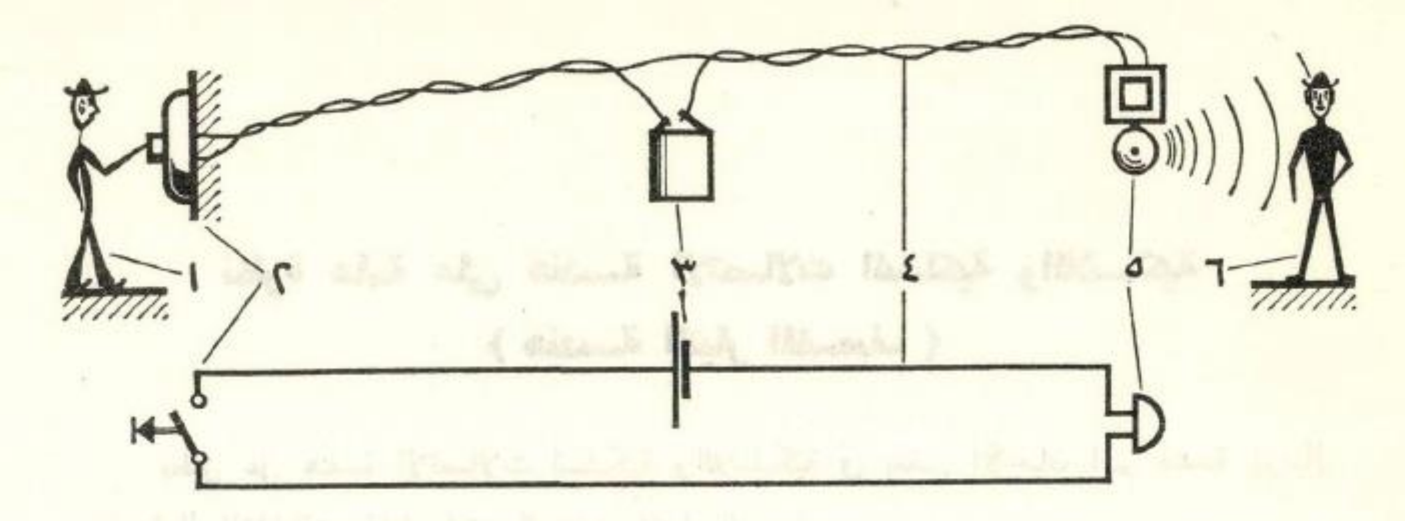
مثال للاتصال السلكى :

فى هذا المثال مرسل الإشارة عبارة عن جهاز يبين مستوى سائل فى خزان. فإذا وصل السائل فى الخزان إلى مستوى معين يقوم الجهاز بتحريك ملامس عائم موضوع عند هذا المستوى ليغلق أو يفتح دائرة إنذار ، أو يقوم بتشغيل مصباح بيان أو وسيلة رنين موضوعة فى مكان آخر . ويتم التوصيل بين الملامس ووسيلة الإنذار عن طريق سلك موصل . وبذلك يمكن نقل المعلومات التى تدل على وصول السائل إلى هذا المستوى فى الخزان من مكان إلى مكان آخر بالوسائل السلكية .

مثال للاتصال اللاسلكى :

يبين الشكل (٢٠٢) كيفية نقل المعلومات بالطرق اللاسلكية، حيث ترسل التيارات ذات التردد المنخفض الصادرة من الميكروفون أو من محطة الإرسال باستخدام جهاز إرسال يولد تيارات بتردد عال لتحمل التيارات ذات التردد المسموع المراد إرسالها بطريقة التشكيل التى سيأتى ذكرها فيما بعد . وفى أجهزة الاستقبال يتم فصل التيارات ذات التردد العالى عن التيارات ذات التردد المنخفض . ثم تحول التيارات ذات التردد المنخفض إلى معلومات أو أصوات مسموعة أو صور مرئية . . . إلخ .

وقد تتعرض الإشارات والمعلومات لتغييرات كبيرة نتيجة لقلة كفاءة أجهزة الإرسال والاستقبال أو قلة كفاءة وسائل نقل المعلومات .



الشكل (٢٠٢) شكل لسلسلة معلومات بسيطة تبين المراحل التى تمر بها عملية إرسال واستقبال المعلومات .

١ – مصدر المعلومات (نقطة إرسال المعلومات)
٢ – محول طاقة يقوم بتحويل المعلومات إلى إشارات
٣ – التيار الكهربائى الحامل للمعلومات (الإشارات)
٤ – قناة المعلومات (وسائل توصيل المعلومات) .
٥ – محول طاقة يقوم بتحويل الإشارات إلى معلومات
٦ – مستقبل المعلومات

ويقتصر هذا الجزء على شرح بعض الأجهزة المستخدمة فى مجال هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية (بالتيار الضعيف) ، مثل :

١ – أجهزة تحويل المعلومات الضوئية أو الصوتية أو الميكانيكية أو الحرارية إلى إشارات كهربائية ، والعكس .

٢ – أجهزة إرسال الإشارات الكهربائية .

٣ – أجهزة استقبال الإشارات الكهربائية وتحويلها إلى معلومات صوتية أو ضوئية ... إلخ.

٤ – وسائل الاتصال بين أجهزة الإرسال وأجهزة الاستقبال مع شرح لوسائل التحكم فى الإشارات وتضخيمها .

ومن المعروف أنه يوجد العديد من الأجهزة التى تقوم بتحويل المعلومات أو التغيرات فى أنواع الطاقة إلى إشارات كهربائية بتيار ضعيف، والعكس. ويطلق على هذه الأجهزة اسم «محولات الطاقة . وتدل كلمة محول طاقة على أنه جهاز يحول نوع من الطاقة إلى نوع آخر . وتنقسم هذه الأجهزة إلى :

أولا : أجهزة لتحويل المعلومات أو التغيرات الميكانيكية إلى إشارات كهربائية .
ثانياً : أجهزة لتحويل المعلومات أو التغيرات الحرارية إلى إشارات كهربائية .
ثالثاً : أجهزة لتحويل المعلومات أو التغيرات الضوئية إلى إشارات كهربائية .
رابعاً : أجهزة لتحويل المعلومات أو التغيرات الصوتية إلى إشارات كهربائية .

وبنفس التصنيف السابق توجد أجهزة لتحويل الإشارات الكهربائية إلى معلومات ميكيانيكية أو حرارية أو ضوئية أو صوتية .

الباب الأول

أجهزة تحويل المعلومات
الميكانيكية أو الحرارية أو الضوئية أو الصوتية
إلى اشارات كهربائية

أولا : أجهزة تحويل المعلومات الميكانيكية إلى إشارات كهربائية :

(١) مفاتيح التلامس :

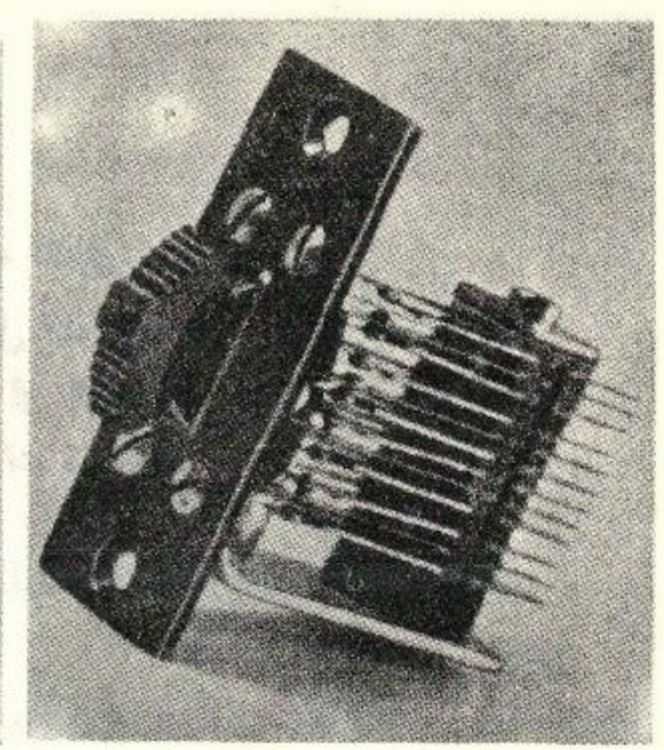
يوجد عدد كبير جداً من الأجهزة المستخدمة فى تحويل المعلومات أو التغيرات الميكانيكية إلى إشارات كهربائية . وقد شرحنا بعض هذه الأجهزة فى مجال هندسة القوى الكهربائية . ومن أمثلة الأجهزة التى تقوم بتحويل المعلومات الميكانيكية إلى إشارات كهربائية : مفاتيح التلامس ، ومعدات القطع والوصل ، ومفاتيح التحكم . . . إلخ ، ولا تختلف مفاتيح التلامس المستخدمة فى هندسة التيار الضعيف عن تلك المستخدمة فى هندسة القوى ، سواء فى الأداء أو التصميم ، وإنما تتميز المفاتيح المستخدمة فى هندسة التيار الضعيف بخفة وزنها وصغر حجمها ودقة صنعها . وتزود مفاتيح التلامس عادة بعدة ملامسات دقيقة يمكن عن طريقها تحويل التغير فى أى حركة ميكانيكية لآلة أو أداة إلى قفل أو فتح هذه الملامسات . وتقوم الملامسات بدورها بتشغيل دوائر التحكم الكهربائية .

ويبين شكل (٢٠٣) أحد أنواع هذه المفاتيح . وقد أدخل على هذه المفاتيح العديد من التحسينات التى أدت إلى تصنيع المفاتيح الميكرومترية الدقيقة التى انتشر استخدامها على نطاق واسع فى هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية . وتتميز هذه المفاتيح الميكرومترية بسهولة تشغيلها لوجود يايات محملة تسهل عملية قفل وفتح الملامسات وتقليل الوقت الذى تستغرقه المفاتيح فى تشغيل الدوائر الكهربائية :

ومن أنواع مفاتيح التلامس :

(أ) مفاتيح التحكم فى برنامج تشغيل الماكينة :

يمكن التحكم فى برنامج تشغيل الماكينة باستخدام محرك كهربائى صغير ، يقوم بإدارة قرص له شكل خاص (كامة) . ويعمل هذا القرص على قفل وفتح بعض ملامسات نوع من مفاتيح التلامس بترتيب معين لتتم على الماكينة عمليات إنتاج متتالية تبعاً لتسلسل سبق تحديده .

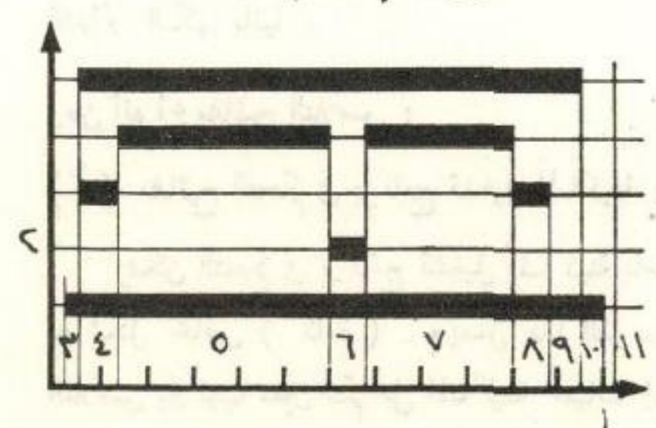


الشكل (٢٠٣) عنصر تحكم عبارة عن مفتاح بملامسات متعددة يستخدم كمحول طاقة

الشكل (٢٠٤) عنصر تحكم يمكن بواسطته تنفيذ برنامج لعدد من عمليات التشغيل بطريقة أتوماتيكية. وهو عبارة عن مفتاح بملامسات متعددة. ويعمل بواسطة كامة ومحرك كهربائي صغير .

الشكل (٢٠٥) رسم تخطيطي يبين تتابع عمليات الوصل والفصل لتنفيذ برنامج معين لعدد من عمليات التشغيل على المخرطة :

١ – المحور الزمني (الوقت بالدقائق) .
٢ – العملية الأولى : الإمساك بالقطعة المراد تشغيلها .
٣ – العملية الثانية : تحريك القطعة إلى اليمين بسرعة .
٤ – العملية الثالثة : تحريك عمود الإدارة .
٥ – العملية الرابعة : حركة تغذية قلم المخرطة .
٦ – العملية الخامسة : تحريك القطعة بسرعة. إلى اليسار .
٧ – العملية السادسة : حركة تغذية قلم المخرطة .
٨ – العملية السابعة : تحريك القطعة بسرعة إلى اليمين .
٩ – العملية الثامنة : عملية إيقاف القطعة فى أقصى اليمين .
١٠ – العملية التاسعة : إيقاف حركة عمود الإدارة .
١١ – العملية العاشرة : فك القطعة من وسيلة الإمساك بها .



ويبين الشكل (٢٠٤) أحد مفاتيح التلامس التى يمكن استخدامها، بحيث نحصل على تسلسل لعمليات التشغيل طبقاً للرسم البيانى الموضح بالشكل (٢٠٥) . وفيه يظهر لحظة ابتداء وانتهاء كل عملية ، والوقت الذى ينقضى بين كل عمليتين متتاليتين .

(ب) مفاتيح بيان الوضع النهائى :

تستخدم مفاتيح بيان الوضع النهائى للتحكم فى حركة أى آلة أو أداة . أو تحديد مستوى السوائل ، أو تحديد الضغط فى حيز مقفل ، ومن أمثلة هذا النوع من المفاتيح :

- العوامة ذات الملامسات التى تقوم بفتح الدائرة الكهربائية للمحرك الذى يدفع المضخة إذا وصل السائل فى الخزان إلى حد معين .
- مبينات أعلى ضغط أو أعلى درجة حرارة تعتبر أيضاً ضمن مفاتيح بيان الوضع النهائى .
- مفاتيح الوضع النهائى المستخدمة فى ماكينات التشغيل والمصاعد الكهربائية المبينة بالشكل (٢٠٦) . يضبط المفتاح فى وضع معين بحيث لا يتعداه قلم المخرطة مثلا . فإذا وصل القلم إلى هذا الوضع فإنه يقوم بتشغيل المفتاح لفتح دائرة محرك المخرطة وإيقافها . كما يستخدم أيضاً فى المصاعد للتحكم فى الوضع النهائى الذى يمكن أن يصل إليه المصعد . فعندما تصل كابينة المصعد إلى هذا الوضع يقوم بتشغيل المفتاح لفتح دائرة المصعد حتى لا تتعدى الكابينة هذا الوضع .
- مفتاح ضوء الإيقاف فى السيارة يعتبر أيضاً مفتاحا لبيان الوضع ، حيث يعمل المفتاح عندما يتحرك بدال الفرملة . ويصل إلى وضع معين .
- المفاتيح المبينة فى شكل (٢٠٧) والمستخدمة فى تحويل المعلومات إلى إشارات كهربائية . وفيها تعمل الملامسات تلقائياً بواسطة مغنطيس تؤدى حركته للأمام أو للخلف إلى فتح أو قفل الملامسات . ويمتاز هذا النوع من المفاتيح بأن مشوار حركة ملامساته صغير جداً لا يتعدى ١,١ مم ، والقوة اللازمة لتشغيله صغيرة .

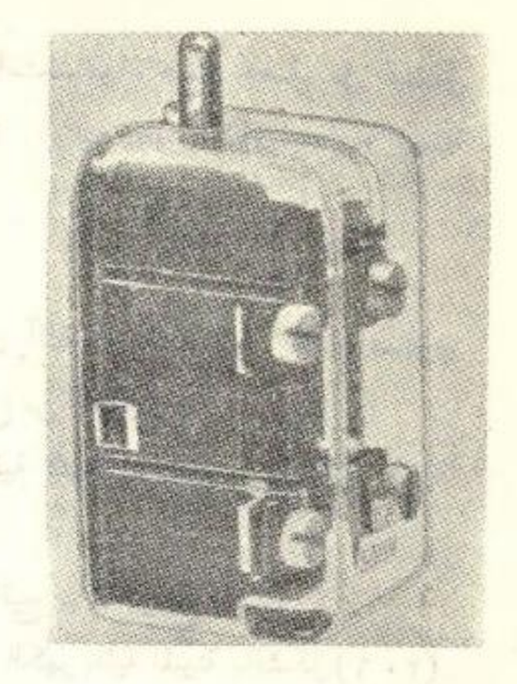
ثانيا : أجهزة تحويل المعلومات الحرارية إلى إشارات كهربائية :

يطلق على أجهزة تحويل المعلومات الحرارية إلى إشارات كهربائية اسم « الوسائل الكهرحرارية » ومن أمثلة الوسائل الكهرحرارية :

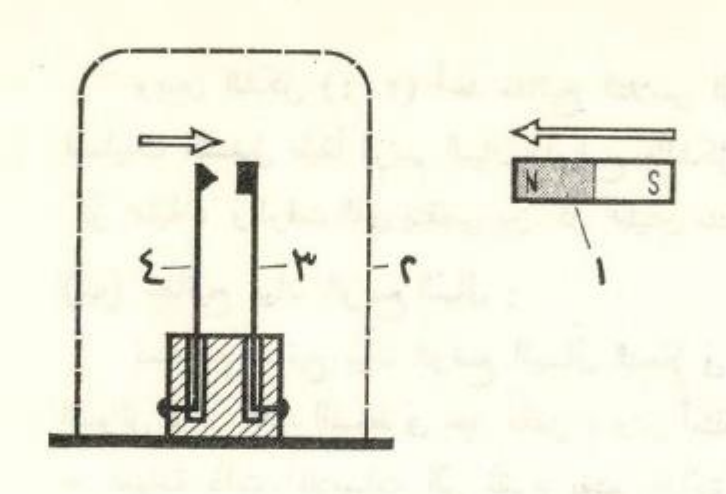
المزدوج الحرارى – الترمومتر الزئبقى – المفتاح ثنائى المعدن – مفاتيح التحكم فى الحرارة .

(٢) المزدوج الحرارى :

يتكون المزدوج الحرارى من قضيبين من معدنين مختلفين يوصل طرفاهما توصيلا تاماً عند نقطة يطلق عليها عادة اسم « نقطة التوصيل » فإذا سخنت هذه النقطة فإنه ينشأ عبر الطرفين الآخرين للقضيبين قوة دافعة كهربائية يطلق عليها اسم « القوة الدافعة الكهرحرارية » . وتستخدم هذه القوة الدافعة فى تحويل المعلومات الحرارية إلى جهد يتناسب فى قيمته مع درجة حرارة نقطة التوصيل . ويبين الشكل (٢٠٨) رسماً تخطيطياً لدائرة مزدوج حرارى .



الشكل (٢٠٦) مفتاح بيان الوضع النهائى



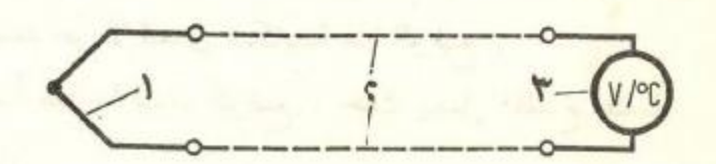
الشكل (٢٠٧) أساس عمل المفتاح المغنطيسى

١ – مغنطيس التشغيل .

٢ – غطاء واق للمصباح .

٣ – ملامس ثابت غير مغنطيسى

٤ – الملامس المغنطيسى المتحرك



الشكل (٢٠٨) رسم تخطيطى يبين أساس عمل المزدوج الحرارى

١ – مزدوج حرارى

٢ – خطوط التوصيل (أسلاك التوصيل)

٣ – وسيلة القياس المستخدمة لبيان درجات الحرارة

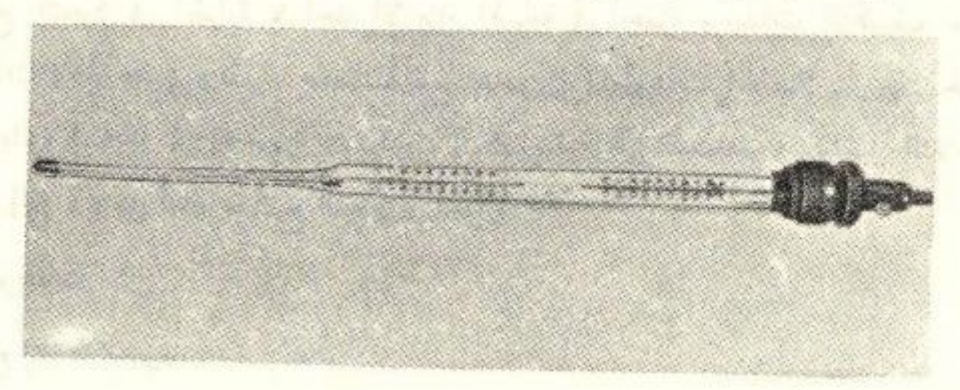
ومن المعروف أن هناك علاقة بين درجة حرارة نقطة التوصيل وبين الجهد المتولد ، ونوع المعادن المستخدمة فى المزدوج الحرارى . وفيما يلى بعض المزدوجات الحرارية الشائعة الاستعمال ، ودرجات الحرارة القصوى التى يصلح أن تستخدم فيها ، والجهد الأقصى المتولد :

نوع المزدوج الحرارى	درجة الحرارة القصوى	الجهد الأقصى المتولد
نحاس أحمر – كونستنتان	٥٠٠	٢٨
حديد – كونستنتان	٨٠٠	٤٧
نيكل – نيكل كروم	١٢٠٠	٤٢
بلاتين – بلاتين روديوم	١٦٠٠	١٧

ومن مميزات المزدوجات الحرارية ، تحويل المعلومات الحرارية إلى إشارات كهربائية يمكن إرسالها إلى مسافة بعيدة . وتستخدم هذه المزدوجات لبيان درجات الحرارة داخل الأفران . حيث توضع بداخلها ، وينقل الجهد المتولد إلى أجهزة البيان الموجودة خارج الفرن ، فيترجم مرة أخرى إلى درجات حرارة . ولحماية المزدوجات الحرارية : ولضمان دقة قراءتها ، يفضل وضعها فى أنابيب معدنية مبطنة بمواد عازلة تصمد لدرجات الحرارة المرتفعة . ولضمان عدم تغير قيمة الجهد الكهرحرارى الصغير المتولد فى هذه المزدوجات ، يجب أن تتم التوصيلات الكهربائية بطريقة سليمة لا تؤدى إلى انخفاض ملموس فى الجهد . ومن ثم يجب ألا تزيد مقاومة المواد المستخدمة فى التوصيل بين المزدوج الحرارى وأجهزة القياس عن أوم واحد .

(٣) الترمومتر الزئبق ذو الملامسات :

يمكن استخدام تمدد الزئبق الموجود فى الترمومتر نتيجة لارتفاع درجة الحرارة فى تحويل المعلومات الحرارية إلى معلومات كهربائية . فإذا وضعت ملامسات دائرة إنذار أو أى دائرة كهربائية داخل أنبوبة الترمومتر ، عند درجة حرارة معينة ، فإن تمدد الزئبق ووصوله إلى هذه الدرجة يؤدى إلى قفل الملامسات ، وبالتالى إلى تشغيل دائرة الإنذار أو الدائرة الكهربائية . ويبين الشكل (٢٠٩) نوعاً من أنواع الترمومترات الزئبقية ذات الملامسات .



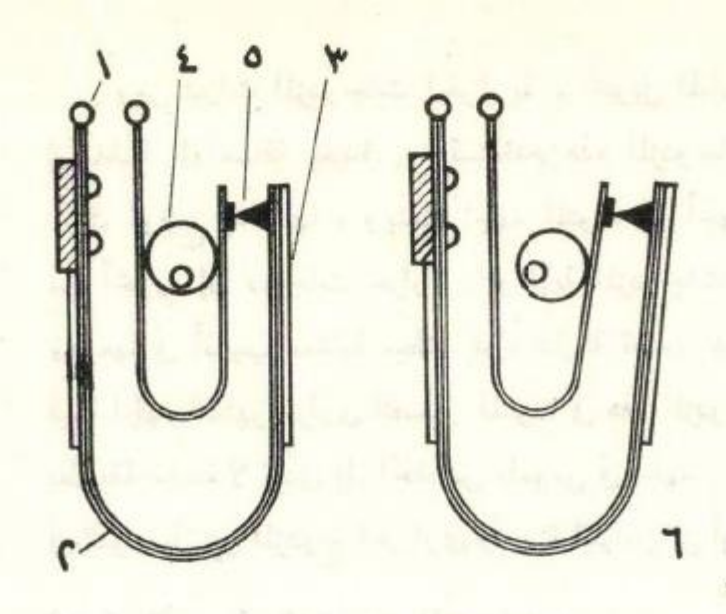
الشكل (٢٠٩) ترمومتر التلامس

(٤) المفتاح ثنائى المعدن :

يقوم المفتاح الثنائى المعدن بنفس العمل الذى يقوم به الترمومتر الزئبق ذو الملامسات . إلا أنه يعمل بعد فترة زمنية معينة ابتداء من لحظة وصول درجة الحرارة إلى الدرجة المعينة التى سبق تحديدها ، أى أنه لا يعمل لحظياً .

طريقة عمل المفتاح ثنائى المعدن :

يتكون المفتاح الثنائى المعدن من قطعتين رقيقتين من معدنين مختلفين لصقا معاً لصقاً تاماً . وعندما يتعرض المفتاح لدرجة حرارة مرتفعة فإن القطعتين المعدنيتين تتمدان فى اتجاه معين تحت تأثير الحرارة وتدفعان أمامهما قرصاً لا مركزيا . ويقوم القرص بقفل ملامسات دوائر الإشارة الكهربائية .



الشكل (٢١٠) أساس عمل المفتاح ثنائى المعدن
١ – نقطة التوصيل
٢ – زنبرك صلب على شكل حرف U
٣ – رقائق ثنائية المعدن
٤ – قرص لا مركزى
٥ – ملامسات
٦ – مفتاح ثنائى المعدن مضبوط بحيث يعمل فى المدى بين درجتى حرارة قصوى سبق تحديدهما.

ويوضح شكل (٢١٠) فكرة عمل المفتاح ثنائى المعدن ، الذى يمكن استخدامه فى نقل المعلومات الحرارية ، وإجراء ضبط درجات الحرارة بين ٤٠°، ٩٠° م .

(٥) مفاتيح التحكم فى الحرارة :

تعتبر مفاتيح التحكم فى الحرارة ، أحد الأجزاء الهامة فى أجهزة ومعدات التكييف ، وفى الثلاجات والدفايات وغيرها . وتقوم هذه المفاتيح بتحويل المعلومات الخاصة بدرجة الحرارة إلى إشارات كهربائية للتحكم فى الأجهزة والمعدات الكهربائية التى تستخدم فى تشغيل الثلاجات أو الدفايات . . . إلخ ، ومن أمثلة مفاتيح التحكم فى الحرارة :

(ا) الترموستات :
(ب) مفتاح بمعدن صهور .
(ج) المفتاح الفرقى .

(أ) الترموستات :

يتكون الترموستات فى أبسط صوره من أسطوانة صغيرة الحجم مغطاة بإحكام بغشاء لين ، وتحتوى على سائل سهل التبخر .

فإذا ارتفعت درجة حرارة الثلاجة أو جهاز التدفئة عن حد معين يبدأ السائل فى التمدد داخل الأسطوانة ويضغط على الغشاء اللين الذى يدفع أمامه ملامسات مفتاح التلامس . ويؤدى ذلك إما إلى غلق الملامسات الخاصة بدائرة محرك الثلاجة لتشغيلها ، أو يؤدى إلى فتح ملامسات المقاومات الحرارية فيفصل التيار عنها . وعندما تقل درجة الحرارة ينخفض الضغط داخل الأسطوانة ويعود الغشاء اللين إلى مكانه الأصلى ، وبذلك تعود دوائر التحكم إلى حالتها الأصلية .

(ب) مفتاح بمعدن صهور :

تتكون هذه المفاتيح من شرائح معدنية ملحومة معاً من أحد أطرافها بمعدن قابل للانصهار عند درجة حرارة معينة . وهذه الشرائح المعدنية واقعة تحت ضغط ميكانيكى مثل ضغط ياى مثلا . وعندما ترتفع درجة الحرارة إلى الدرجة التى ينصهر عندها المعدن الذى يلحم هذه الشرائح ، فإن الياى يدفع هذه الشرائح فى اتجاهات معينة لتقوم بغلق دوائر التحكم الكهربائية لتشغيل أو إبطال الأجهزة أو المعدات الكهربائية المستخدمة فى الأفران والدفايات . . . إلخ ، أى أن هذه المفاتيح تترجم درجة الحرارة إلى معلومات أو إشارات كهربائية،أى تعمل كمحول للطاقة . ويبين الشكل (٢١١) كيفية عمل أحد هذه المفاتيح .

(ج) المفتاح الكهربائى الفرقى :

تتميز هذه المفاتيح بأنها لا تتأثر بالارتفاع التدريجى لدرجة الحرارة المحيطة ، فهى حساسة فقط للارتفاع المفاجئ فى درجة الحرارة .

ويوضح شكل (٢١٢) فكرة المفتاح الكهربائى الفرقى . ويتكون عادة من أنبوبة زجاجية على شكل حرف (U) ، تحتوى على زئبق وايثانول . وتمتاز هذه الأنابيب بأن جدار أحد أذرعها أكبر تخانة من جدار الذراع الأخرى . فإذا ارتفعت درجة الحرارة المحيطة بصورة فجائية (بمعدل سريع) فإن الإيثانول الموجود فى الذراع ذات الجدار الرقيق يتبخر قبل أن يتمدد الإيثانول الموجود فى الجدار السميك ، ويضغط على الزئبق ، الذى يندفع إلى ذراع الأنبوبة السميكة ويبعد تماماً عن الملامسات ، ويؤدى ذلك إلى فتح الدائرة الكهربائية . أما إذا ارتفعت درجة الحرارة المحيطة بالمفتاح بصورة تدريجية فإن الإيثانول الموجود فى كلا الذراعين يتبخر بنفس النسبة مما يؤدى إلى وجود توازن فى الضغط الواقع على الزئبق فى الذراعين ، فيبقى الزئبق فى مكانه موصلا بين الملامسات . لذلك يستخدم المفتاح الكهربائى الفرقى لفتح الدوائر الكهربائية عند حدوث ارتفاع مفاجئ فى درجة الحرارة ، كما فى حالة أجهزة الوقاية أو الإنذار ضد الحرائق .

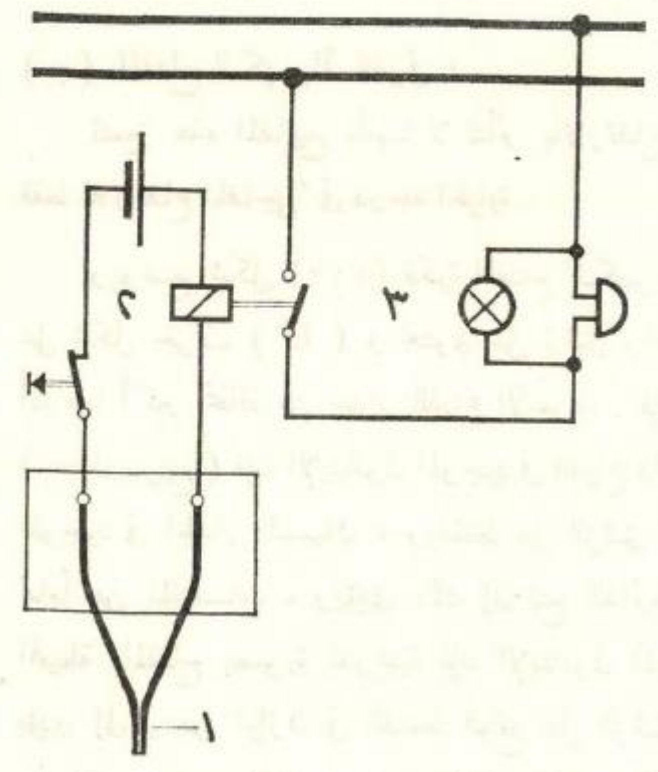
ثالثا : أجهزة تحويل المعلومات الضوئية إلى إشارات كهربائية :

تنبنى فكرة تصميم هذه الأجهزة على أن الطاقة الضوئية يمكنها التأثير على بعض المواد ، وبالأخص الفلزات القلوية كالكالسيوم والبوتاسيوم . فإذا تعرضت هذه المواد للضوء (وخاصة الضوء قصير الموجة) تنبعث منها إلكترونات أو شحنات كهربائية . وتسمى هذه الظاهرة « الانبعاث الكهرضوئى » .وتنقسم المواد المستخدمة فى أجهزة تحويل المعلومات الضوئية إلى إشارات كهربائية إلى نوعين :

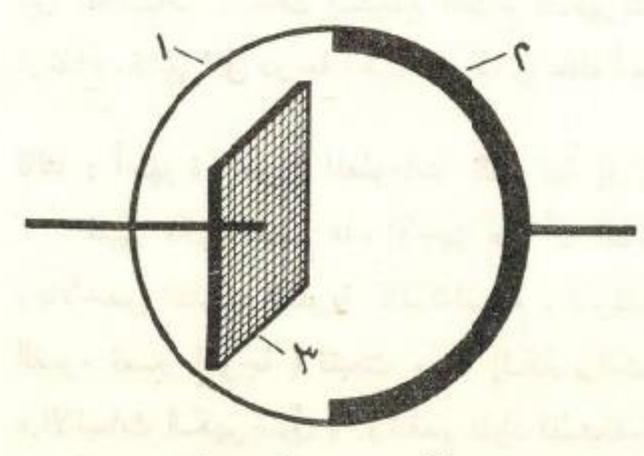
(ا) مواد يؤدى سقوط الضوء عليها إلى انبعاث الإلكترونات (الشحنات الكهربائية) للخارج ، مثل الفلزات والأجسام الصلبة كالصوديوم والكالسيوم . . . إلخ . ويطلق

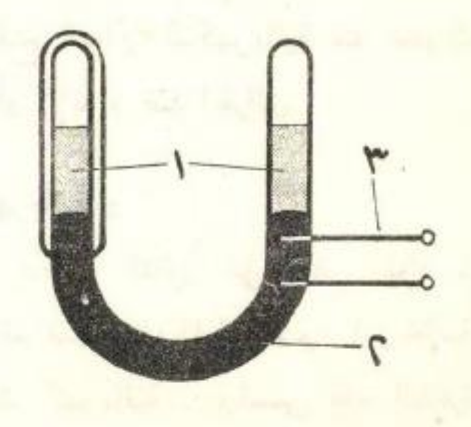
على هذه الظاهرة « الانبعاث الكهرضوئى الخارجى » . ويمكن استخدام هذه الإلكترونات فى تشغيل دوائر التحكم الكهربائية . ومن أكثر محولات الطاقة انتشاراً والتى تستخدم فيها هذه الظاهرة « الخلية الضوئية » .

(ب) مواد – مثل أشباه الموصلات – لا ينبعث منها إلكترونات للخارج عند تعرضها للضوء ، وإنما يؤدى سقوط الضوء عليها إلى تغيير حركة الإلكترونات فيها داخلياً مما يقلل المقاومة النوعية الداخلية لهذه المواد وخاصة فى اتجاه معين . ومن أمثلة هذه المواد كبريتيد الكادميوم، وكبريتيد الرصاص ويطلق على هذه الظاهرة « الانبعاث الكهرضوئى الداخلى » . ومن أكثر محولات الطاقة انتشاراً والتى تستخدم فيها هذه الظاهرة «المقاومات الضوئية أو العناصر الكهرضوئية».



الشكل (٢١١) أساس عمل المفتاح
١ – مفتاح مصنوع من معدن قابل للانصهار
٢ – دائرة مقفلة بواسطة مرحل
٣ – دائرة إنذار بجرس ومصباح بيان





الشكل (٢١٢) أساس عمل المفتاح الفرقى
١ – إيثانول ٣ – الملامسات
٢ – زئبق

الشكل (٢١٣) أساس عمل الخلية الكهرضوئية
١ – الوعاء الزجاجى ٣ – الأنود
٢ – الكاثود

(٦) الخلية الكهرضوئية (الانبعاث الكهرضوئى الخارجى) :

يبين شكل (٢١٣) الفكرة التى ينبنى عليها تصميم الخلية الكهرضوئية . وتتكون الخلية من كاثود وأنود موضوعين داخل انتفاخ زجاجى مفرغ ، فيها الكاثود عبارة عن سطح معدنى مغطى من الداخل بطبقة من معدن قلوى حساس للضوء ، مثل الصوديوم أو البوتاسيوم . وأما الأنود فعبارة عن لوح معدنى مثبت أمام السطح الحساس ، بحيث يلتقط أكبر عدد من الإلكترونات المنبعثة من الكاثود .

طريقة عمل الخلية الضوئية :

عند توصيل الخلية الكهرضوئية فى دائرة كهربائية ويوصل معها على التوالى مقياس حساس لقياس شدة التيار ، يلاحظ مرور تيار إلكترونى (تيار ضعيف) فقط فى الفترة التى تتعرض فيها الخلية للضوء . ويتوقف مقدار التيار المار على شدة الإشعاع الساقط على الخلية . ويمكن استخدام الخلايا الضوئية من هذا النوع فى فتح أو غلق الأبواب بطرق آلية كلما سقط الضوء على الخلية ، أو كلما قطع عنها ، كما تستخدم فى حماية الخزائن والبنوك من السطو عليها ، حيث تقوم بتحويل المعلومات الخاصة بانقطاع الضوء إلى إشارات كهربائية تستخدم فى تشغيل أجهزة الإنذار . كذلك فإنها تستخدم فى أجهزة الرؤية والأفلام الناطقة .

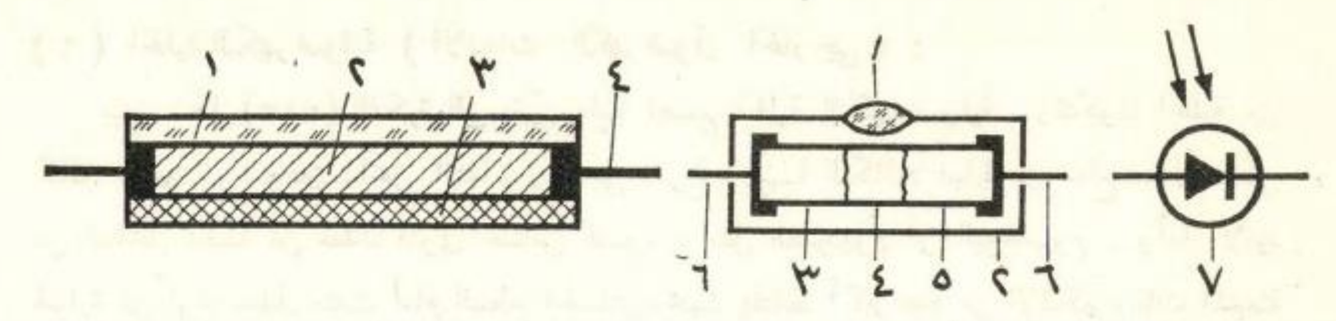
(٧) العناصر الكهرضوئية (الانبعاث الكهرضوئى الداخلى) :

يبين شكل (٢١٤) الفكرة التى ينبنى عليها العنصر الكهرضوئى باستخدام المواد شبه الموصلة الناتجة من تآلف السيلينيوم كادميوم . وتستخدم هذه العناصر فى أجهزة قياس وتنظيم شدة الإضاءة . وقد أدى استخدام مركبات السيليكون إلى تطوير وتعميم هذه الفكرة ، بحيث أمكن استخدام العنصر الكهرضوئى السيليكونى كمصدر للتيار الضعيف المستخدم فى الأقمار الصناعية ، وفى التسجيل الضوئى للصوت على الأفلام .

وتستخدم ظاهرة الانبعاث الكهرضوئى الداخلى للمواد شبه الموصلة فى الأمن الصناعى ، وذلك لقياس كمية الموجات فوق البنفسجية المنتشرة فى الجو ، كما تستخدم فى أجهزة فرز وعد النقود .

وتعتمد طريقة تشغيل العناصر الكهرضوئية على اختيار مواد معينة تتغير مقاومتها النوعية عند تعرضها للضوء . حيث تتحرك الإلكترونات داخل هذه المواد فى اتجاه معين نتيجة للتأثير الكهرضوئى الداخلى .

ويبين شكل (٢١٥) كيفية مرور التيار فى طبقة من مادة كبريتيد الكادميوم أو كبريتيد الرصاص عند تعرضها للضوء . وحيث أن مقاومتها النوعية تتغير تبعاً لشدة الإضاءة الساقطة عليها ، فإن ذلك يؤدى إلى زيادة شدة التيار المار بالدائرة الموصل بها هذه المواد . أى تتناسب شدة التيار المار بها تناسباً طردياً مع شدة الإضاءة الساقطة عليها . وبذلك يمكن تحويل المعلومات الضوئية إلى إشارات كهربائية يمكن قياسها . لذلك تستخدم هذه المواد أساساً فى قياس الشدة الضوئية .



الشكل (٢١٤) أساس عمل العنصر الكهرضوئى

١ – عدسات محدبة
٢ – غلاف واق
٣ – بلورات طراز (P) الموجبة التوصيل
٤ – الطبقة الحاجزة (الطبقة الفاصلة بين نوعى البلورتين)
٥ – بلورات طراز (N) السالبة التوصيل
٦ – نهايات التوصيل
٧ – رمز تخطيطى .

الشكل(٢١٥) شكل تخطيطى لمقاومة حساسة للضوء

١ – غلاف شفاف
٢ – طبقة من كبريتيد الكادميوم
٣ – الجسم الموصل (حامل الشحنات)
٤ – نهايات التوصيل .

(٨) الصمامات المستخدمة فى نقل الصور (الإرسال التليفزيونى) :

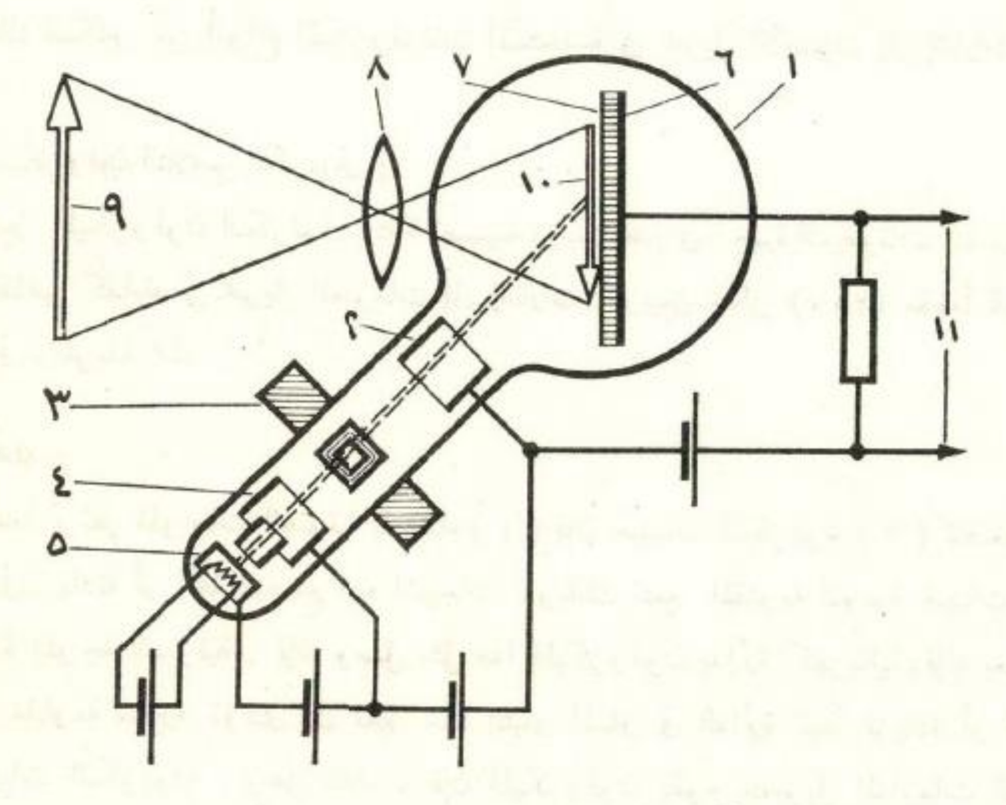
يمكن استخدام أنابيب الأشعة الكاثودية فى عملية تحويل المعلومات الضوئية إلى إشارات كهربائية ، كما يمكن استخدامها فى تحويل الإشارات الكهربائية إلى معلومات ضوئية . وقد أدخل على أنابيب الأشعة الكاثودية الكثير من التحسينات ، بحيث أمكن استخدامها فى عملية الإرسال والاستقبال التليفزيونى . وأهم أنابيب الأشعة الكاثودية هو الإيكونوسكوب .

ويبين شكل (٢١٦) رسماً تخطيطياً للفكرة التى ينبنى عليهـا تصميم الإيكونوسكوب .

طريقة عمل الايكونوسكوب :

يوضع الجسم المراد نقل صورته (٩) خارج أنبوبة الإيكونوسكوب، وتوضع بين الجسم والأنبوبة عدسات (٨) ذات كفاءة عالية ، وعند تسليط الضوء على الجسم تقوم العدسات بإسقاط صورة ضوئية مطابقة تماماً للجسم فى داخل الأنبوبة على الشاشة (٦) الموجودة داخل أنبوبة الإيكونوسكوب (١) . وتسمى الشاشة فى بعض الأحيان « حاجز الموزايك » . وهذه الشاشة عبارة عن مكثف يتكون من لوح من الميكا يلاصق سطحه الخلفى لوحا معدنيا لامعا ويوجد على سطحه الأمامى ملايين من الخلايا الضوئية الدقيقة ، التى تتكون من حبيبات السيزيوم . وكل خلية منهـا معزولة عن الخلايا التى تجاورها تماماً ، وتكون فى الوقت نفسه مع اللوح المعدنى الخلفى

مكثفاً صغيراً . وعند سقوط صورة الجسم من خلال العدسات على الشاشة ينبعث من كل خلية من هذه الخلايا العديدة عدد من الإلكترونات ، يتوقف على شدة الضوء الساقط عليها (تبعاً لتدرج الضوء من الأسود إلى الأبيض) . وتمر هذه الإلكترونات إلى الأنود (٢) . وبذلك يكتسب كل مكثف من ملايين المكثفات الصغيرة . شحنة كهربائية تختلف فى شدتها تبعاً لشدة الإلكترونات المارة إليها . ثم يوجه إلى الشاشة شعاع إلكترونى (من مولد مصمم لهذا الغرض). يخرج من الكاثود (٥) . ويتم توجيه الشعاع الإلكترونى فى اتجاه معين داخل الأنبوبة بواسطة ملفات حارفة (٣) تعمل على توجيه الشعاع ، بحيث يمر على جميع الخلايا الموجودة فى الصف الأفقى للشاشة ، الواحدة تلو الأخرى ، ثم يعود إلى الصف الذى يليه ، وهكذا صفاً وراء صف وبسرعة كبيرة حتى تمسح الشاشة كلها .



الشكل (٢١٦) التصميم الأساسى للإيكونوسكوب

١ – وعاء
٢ – الأنود
٣ – ملفات حارفة (ملفات كاسحة)
٤ – عدسات إلكترونية
٥ – الكاثود
٦ – الشاشة
٧ – حاجز الموزايك (أكسيد السيزيوم)
٨ – عدسات
٩ – الجسم المراد رؤيته
١٠ – صورة الجسم
١١ – إلى وسائل التضخيم

وبمجرد مرور الشعاع السالب الشحنة على هذه الخلايا التى أصبحت مكثفات مشحونة فإنه يقوم بتفريغها الواحدة بعد الأخرى . وينشأ عن تفريغ الشحنة فى كل مكثف من هذه المكثفات تيار يتناسب فى شدته مع تيار الشحن . وتأخذ تيارات التفريغ هذه طريقها إلى الجزء المعدنى اللامع الموجود فى الشاشة ومنه إلى صمامات التضخيم ، ثم تحمل هذه التيارات موجات ذات تردد عال لإرسالها إلى أجهزة الاستقبال .

رابعا : أجهزة تحويل المعلومات الصوتية إلى إشارات كهربائية :

ينبنى تصميم هذه الأجهزة على تأثير موجات الصوت على نظام كهربائى قادر على تحويل موجات الصوت هذه إلى إشارات كهربائية ، ومن أمثلتها الميكروفونات :

(٩) الميكروفونات :

هناك الكثير من أنواع الميكروفونات المستخدمة فى تحويل الأصوات إلى إشارات كهربائية أهمها :

(١) ميكروفون التلامس الكربونى :

يتميز الميكروفون الكربونى بمتانة تصميمه، ويستخدم فى أجهزة التليفونات النقالى . ويعاب عليه انخفاض كفاءته فى تحويل المعلومات إلى إشارات . ويبين شكل (٢١٧) مقطعاً للميكروفون الكربونى وطريقة عمله .

طريقة عمله :

عندما ترتطم الموجات الصوتية بالغشاء (٤) فإن حبيبات الكربون (٢) تنضغط انضغاطاً يتناسب فى زيادته أو انخفاضه مع هذه الموجات . وبذلك تتغير المقاومة النوعية لحبيبات الكربون تبعاً لشدة الموجة الصوتية . فإذا وصل مثل هذا الميكروفون بدائرة كهربائية، فإنه يعتبر فى هذه الحالة مقاومة متغيرة تؤدى إلى تغير شدة التيار المار فى الدائرة تبعاً لزيادة أو قلة الضغط على حبيبات الكربون . وعلى ذلك ، فإن الميكروفون يقوم بتحويل المعلومات الصوتية إلى تيارات كهربائية تتناسب مع شدة الموجة الصوتية .

(٢) الميكروفون المكثف :

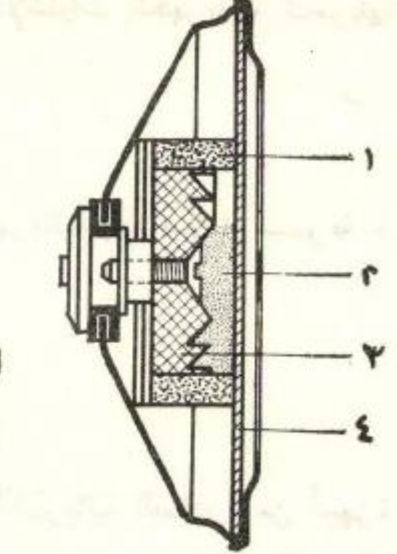
يتركب الميكروفون المكثف أساساً من مكثف ذى سعة متغيرة، قيمتها حوالى ١٠٠ ميكروفاراد ومن لوحين رقيقين من المعدن بينهما عازل . ويكون اللوح الخلفى ثابتاً، بينما يترك اللوح الأمامى القابل للاهتزاز حر الحركة . وعندما ترتطم الموجات الصوتية باللوح القابل لحركة فإنها تؤدى إلى تغير سعة المكثف تبعاً لشدة إيقاع هذه الموجات الصوتية . فإذا وصل مثل هذا المكثف بدائرة كهربائية فإن شدة التيار المار تتغير بتغير سعة المكثف ، أى بتغير شدة الموجة الصوتية .

(٣) الميكروفون الكهر دينامى :

لا تختلف هذه الميكروفات فى تصميماتها عن الميكروفات العادية، غير أنها تمتاز بكفاءة عالية نظراً لتولد طاقة كهربائية فيها بالحث المغنطيسى تتناسب مع شدة الصوت . ويوضح شكل (٢١٨) تصميمين لطرازين من الميكروفونات الكهردينامية ، وهى من أكثر الطرز أهمية فى هذا المجال .

(ا) الميكروفون ذو الملف المتحرك .

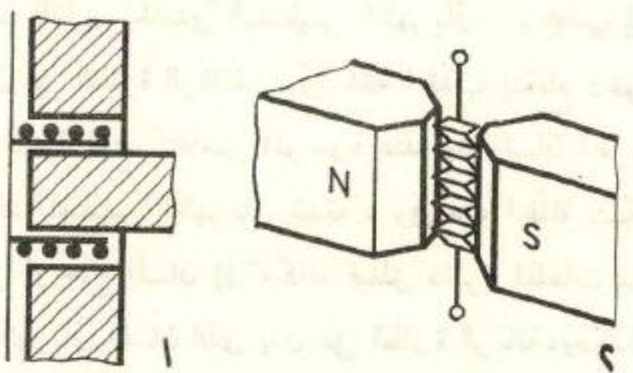
(ب) الميكروفون ذو الملف الشريطى .



الشكل (٢١٧) رسم تخطيطى لمقطع فى ميكروفون التلامس الكربونى

١ - حلقة من اللباد ٣ – أقطاب من الكربون

٢ – حبيبات الكربون ٤ – غشاء كربونى



الشكل (٢١٨) الميكروفون الكهروديناميكى

١ – الميكروفون ذو الملف المتحرك

تؤدى الموجات الصوتية إلى اهتزاز الملف المتحرك ، أى إلى دخوله وخروجه فى الثغرة الهوائية ، لمغنطيس دائم ، فيؤدى ذلك إلى تولد قوة دافعة كهربائية متماثلة تماما مع إيقاع الموجات الصوتية .

٢ – الميكرفون الشريطى

تقوم الموجات الصوتية بتحريك غشاء رقيق من الألومنيوم على شكل شريط موضوع بين أقطاب المغنطيس الدائم فتتولد فى الشريط قوة دافعة كهربائية متماثلة تماما مع إيقاع الموجات الصوتية.

الباب الثانى

اجهزة تحويل الاشارات الكهربائية الى معلومات صوتية أو ضوئية

فيما يلى وصف لمجموعة من الأجهزة التى تقوم باستقبال الإشارات الكهربائية لتحويلها إلى معلومات صوتية أو ضوئية .

أولا : أجهزة تحويل الإشارات إلى معلومات صوتية :

هناك الكثير من الأجهزة المستخدمة فى تحويل الإشارات الكهربائية إلى أصوات مسموعة ، وأهمها الأجراس والأبواق وسماعات الرأس ، ومكبرات الصوت .

(١٠) الأجراس والأبواق :

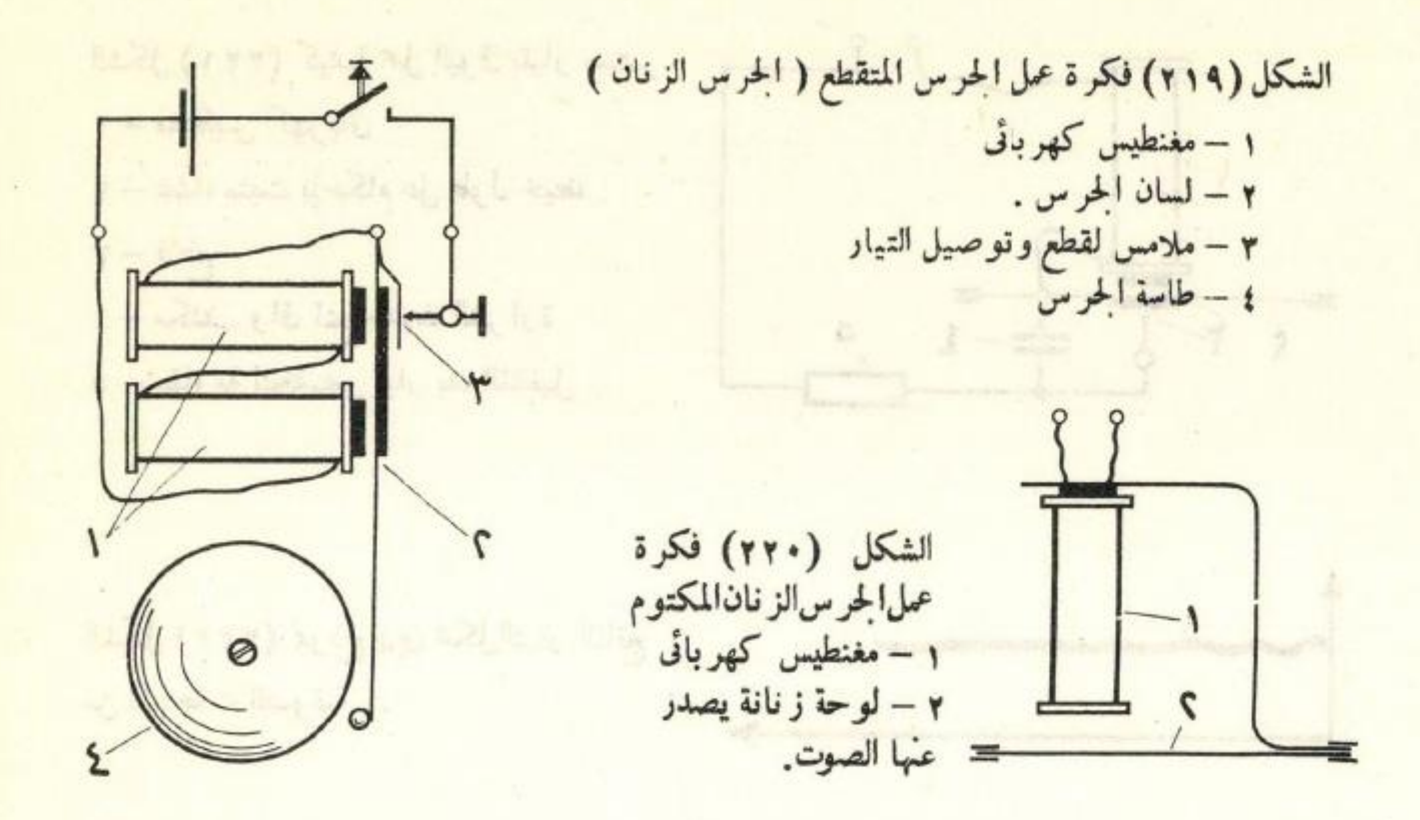
(أ) الأجراس الرنانة (الجرس الرعاش) :

عندما تقفل دائرة الأجراس الكهربائية بواسطة الإشارات الكهربائية الصادرة من أجهزة تحويل المعلومات إلى إشارات (مفاتيح التلامس مثلا) ، فإن ذلك يؤدى إلى مرور التيار الكهربائى فى ملفى الجرس المبين فى شكل (٢١٩) فيتمغنط القلب الحديدى للمغنطيس الكهربائى . ويجذب إليه قطعة حديدية مثبت بها لسان الجرس الذى يدق على الطارة الرنانة . وفى لحظة الجذب ينقطع دخول التيار إلى ملفات المغنطيس الكهربائى ، وذلك نتيجة لفتح الملامس الموجود عند نهاية لسان الجرس للدائرة الكهربائية ، وعند انقطاع التيار يفقد المغنطيس الكهربائى شدته ، وفى هذه الحالة يتمكن الياى الذى يمسك القطعة الحديدية المتحركة من إرجاع اللسان إلى مكانه فيغلق دائرة الملفات مرة ثانية ، وعندئذ يمر التيار فيجذب المغنطيس الكهربائى اللسان الذى يدق على الطارة الرنانة ، وهكذا .

وتوجد أنواع مختلفة من مجموعة الأجراس مثل الجرس أحادى الشوط ، جرس بدائرة توازى ، إلخ . ويعتبر الجرس الرعاش من أهم الأجراس المستخدمة حاليا .

(ب الأجراس المكتومة (الأجراس الزنانة) :

تتميز هذه الأجراس بأن صوتها منخفض ومقبول . ويتكون الجرس من مغنطيس كهربائى يوضع أمامه لوحة معدنية زنانة رجوعية مثبتة من أحد أطرافه بياى ، وتهتز اللوحة عند مرور تيار كهربائى متردد فى ملفات المغنطيس الكهربائى . ويتناسب اهتزاز اللوحة المعدنية الزنانة فى هذه الحالة مع تردد التيار المار فى ملفات المغنطيس الكهربائى .



الشكل (٢١٩) فكرة عمل الجرس المتقطع (الجرس الزنان)
١ – مغنطيس كهربائى
٢ – لسان الجرس .
٣ – ملامس لقطع وتوصيل التيار
٤ – طاسة الجرس

الشكل (٢٢٠) فكرة عمل الجرس الزنان المكتوم
١ – مغنطيس كهربائى
٢ – لوحة زنانة يصدر عنها الصوت.

ويبين شكل (٢٢٠) أحد هذه الأجراس .

(ج) الجرس الزنان ذو المطرقة :

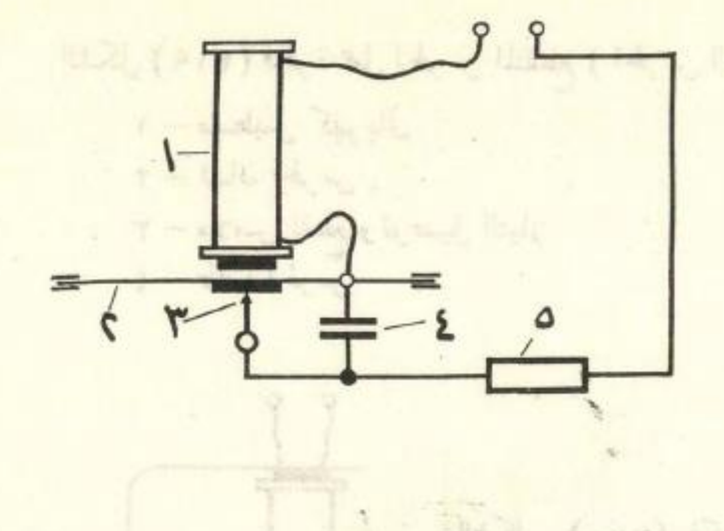
تستخدم هذه الأجراس كوسيلة من وسائل التنبيه التى تصدر أصواتا ذات شدة عالية . وينبنى عمل هذه الأجراس على نفس الفكرة التى تعمل بها الأجراس الزنانة ، إلا أنه يستبدل باللوحة المعدنية طاسة نحاسية كبيرة تصدر صوتا دقاقا عندما يسقط عليها لسان الجرس ، الذى يحمل فى نهايته كرة على هيئة مطرقة . وهذا اللسان مثبت بالمغنطيس الكهربائى ويهتز معه .

(د) البــوق :

توجد أبواق تعمل على التيار المستمر ، وأخرى تعمل على التيار المتردد. وتنبنى فكرة عمل أبواق التيار المتردد على نفس الفكرة التى تعمل بها الأجراس الزنانة المكتومة ، إلا أنه يستبدل باللوحة المهتزة الموجودة فى الأجراس الزنانة غشاء يوضع أمام المغنطيس الكهربائى ، ويتم ضبط نغمته ليصدر الصوت المرغوب ، أما أبواق التيار المستمر فينبنى تصميمها على مبدأ تصميم الجرس المتقطع ، كما هو مبين فى شكل (٢٢١) .

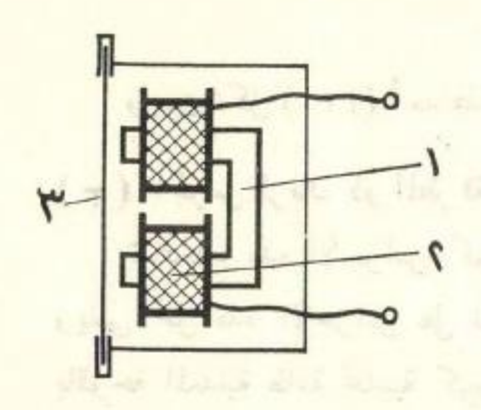
(ﻫ) الصفـارة :

يتم تشغيل هذه الصفارات بواسطة محرك كهربائى ، يدير أسطوانة تدفع الهواء داخل حجرة بها ثقوب مرتبة بطريقة معينة . وينشأ عن دوران الأسطوانة انضغاط الهواء وتمدده بالحجرة ، وينتج عن ذلك صوت الصفارة المعروف . وبذلك تتحول الإشارة الكهربائية إلى صوت مسموع .



الشكل (٢٢١) كيفية عمل البوق بتيار مستمر
١ – مغنطيس كهربائى
٢ – غشاء مثبت بإحكام على طول محيطه .
٣ – قاطع
٤ – مكثف واق لمنع حدوث الشرارة
٥ – مقاومة لتخفيض تيار بدء التشغيل

الشكل (٢٢٢) نموذج يبين شكل التيار الناتج من الموجات الصوتية .



الشكل (٢٢٣) كيفية عمل سماعة الرأس
١ – مغنطيس دائم على شكل حدوة الحصان .
٢ – ملفات
٣ – غشاء مثبت قابل للاهتزاز

(١١) سماعـــة الرأس :

تستخدم هذه السماعات بكثرة ، سواء على هيئة سماعة أذن أحادية ضمن المجموعة اليدوية الخاصة بأجهزة التليفونات ، أو على هيئة سماعة زوجية تلبس على الرأس ، كما فى السنترالات وفى مكاتب الخدمة البرقية .

ويبين شكل (٢٢٣) طريقة عمل سماعات الرأس، وتتركب من مغنطيس كهربائى مكون من عدد كبير من اللفات يوجد بداخلها قطب حديدى واحد (مغنطيس كهربائى وحيد القطب) أو عدة أقطاب (مغنطيس كهربائى متضاعف القطب) (١) . وبوضع أمام المغنطيس الكهربائى غشاء رقيق (٣) . وعندما يمر بالملفات التيار المتغير الناتج من الميكروفون الذى سبق شرحه والذى تختلف شدته تبعا لاختلاف شدة الصوت فى الميكروفون فإن شدة المجال المغنطيسى الناتج تتغير تبعا لتغير التيار ، وبالتالى فإن اهتزاز الغشاء الرقيق يتغير تبعا لشدة المجال فيصدر منه صوت يحاكى الصوت الناتج عن الميكروفون . وبذلك يتم تحـــويل الذبذبات الكهربائية إلى ذبذبات صوتية ، شكل (٢٢٢) .

(١٢) مكبرات الصوت :

يعتبر مكبر الصوت تصميما محسنا للسماعات ، حيث إنه يعيد إصدار الصوت بعد تكبير (لذلك فإنه يحتاج عادة إلى مصدر قدرة خارجية لتكبير الصوت) . وتوجد عدة أنواع من مكبرات الصوت ، منها :

(ا) المكبرات ذات الحديدة المتحركة .

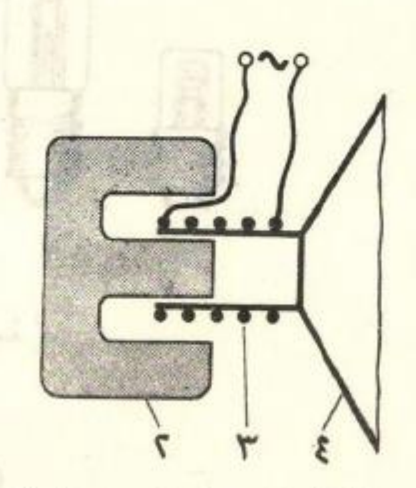
(ب) المكبرات الدينامية .

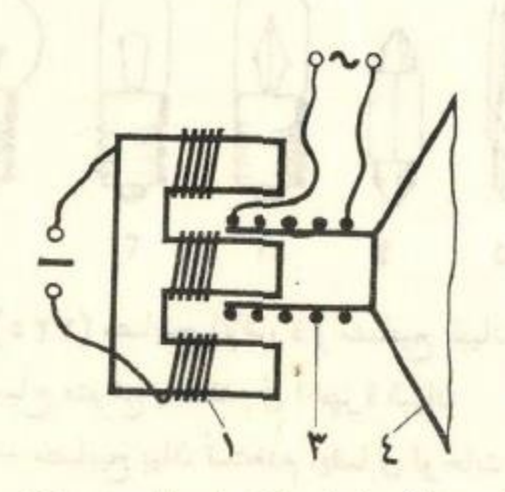
(ج) المكبرات الكهردينامية .

وقد بطل استخدام المكبرات ذات الحديدة المتحركة حاليا ، وتستخدم بدلا منها المكبرات الدينامية أو المكبرات الكهردينامية . والفرق بين المكبرين الأخيرين يتلخص فى استخدام مغنطيس دائم فى المكبرات الدينامية لإنتاج مجال مغنطيسى ثابت ذى شدة عالية، كى يساعد المجال المغنطيسى المتغير الناتج من الصوت، مما يؤدى إلى وجود مجالات مغنطيسية متغيرة قوية تعمل على اهتزاز ملفات الصوت داخل الثغرة الهوائية . وتلصق ملفات الصوت من الخارج بغشاء رقيق على هيئة مخروط ، وعندما يمر التيـــار ذو التردد الصوتى فى الملفات فإنه يؤدى إلى اهتزاز ملفات الصوت وبالتالى إلى اهتزاز الغشاء المخروطى الرقيق . فيصدر من الغشاء صوت مماثل للصوت المراد سماعه. وبذلك يتم تحويل الذبذبات الكهربائية إلى ذبذبات صوتية ، انظر الشكل (٢٢٤) .

أما المكبرات الكهردينامية فيستخدم فيها مغنطيس كهربائى بدلا من المغنطيس الدائم .

وأهم مميزات مكبرات الصوت الدقة فى محاكاتها لجميع النغمات التى تصل إليها ، مع خلو الصوت الناتج من التشويه .





الشكل (٢٢٤) كيفية عمل مكبرات الصوت الدينامية ومكبرات الصوت الكهرودينامية

١ – مغنطيس كهربائى **٣ – ملف متحرك**

٢ – مغنطيس دائم **٤ – غشاء مثبت قابل للاهتزاز**

وتعتبر المكبرات الدينامية والكهردينامية أنسب المكبرات المستخدمة فى إذاعة الأصوات والموسيقى ذات الطبقة المنخفضة نسبيا . وقد أدخل تحسين على مكبرات الصوت باستخدام مكبر إضافى يعمل على أساس كهرستاتيكى ، أو عن طريق التأثير البلورى، مما زاد من كفاءة المكبرات الكهردينامية الحديثة، حيث تؤدى الطاقة الكهربائية الناتجة من الضغط على البلورات بواسطة موجات الصوت ، والتى يطلق عليها اسم « الطاقة الكهربائية البيزوستاتيكية » إلى زيادة التكبير بواسطة المكبر الكهرديناميى وخاصة للأصوات ذات التردد المنخفض جدا .

ثانيا : أجهزة تحويل الإشارات الكهربائية إلى معلومات ضوئية :

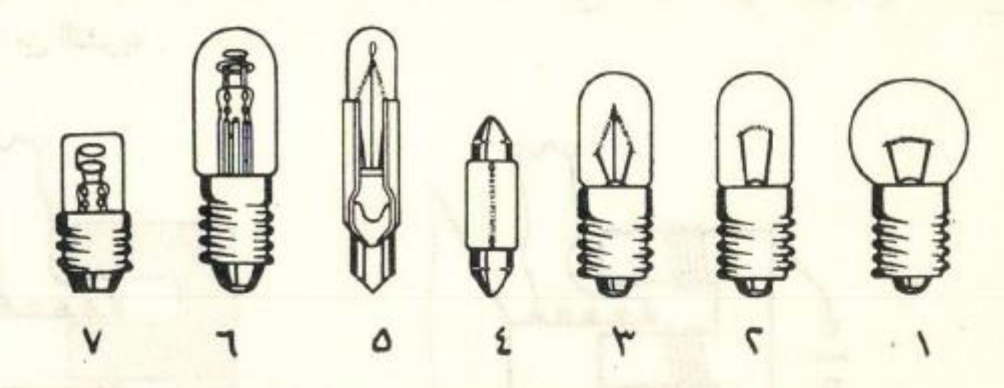
(١٣) مصابيح الإشارة ولوحات البيان :

(أ) مصابيح الإشارة (مصابيح البيان المتوهجة) :

يبين الشكل (٢٢٥) بعض أنواع مصابيح الإشارة الشائعة الاستعمال .

وتتركب مصابيح الإشارة المتوهجة من أنابيب مفرغة ينبعث منها ضوء غنى بالأشعة الحمراء عندما يمر بها التيار الضعيف الصادر من مفاتيح التحكم أو من وسائل القطع والوصل السابق شرحها . وبذلك يتم تحويل الإشارات الكهربائية إلى معلومات ضوئية .

وهذه المصابيح المبينة فى الشكل تلائم الأماكن التى تتطلب خدمة ضوئية مستمرة بقدرة استهلاك منخفضة .



الشكل (٢٢٥) مصابيح الإشارة (مصابيح البيان المتوهجة)

١ — مصباح متوهج يستخدم فى أجهزة البيان

٢ ، ٣ — مصابيح بيان تستخدم أيضا فى لوحات التوزيع

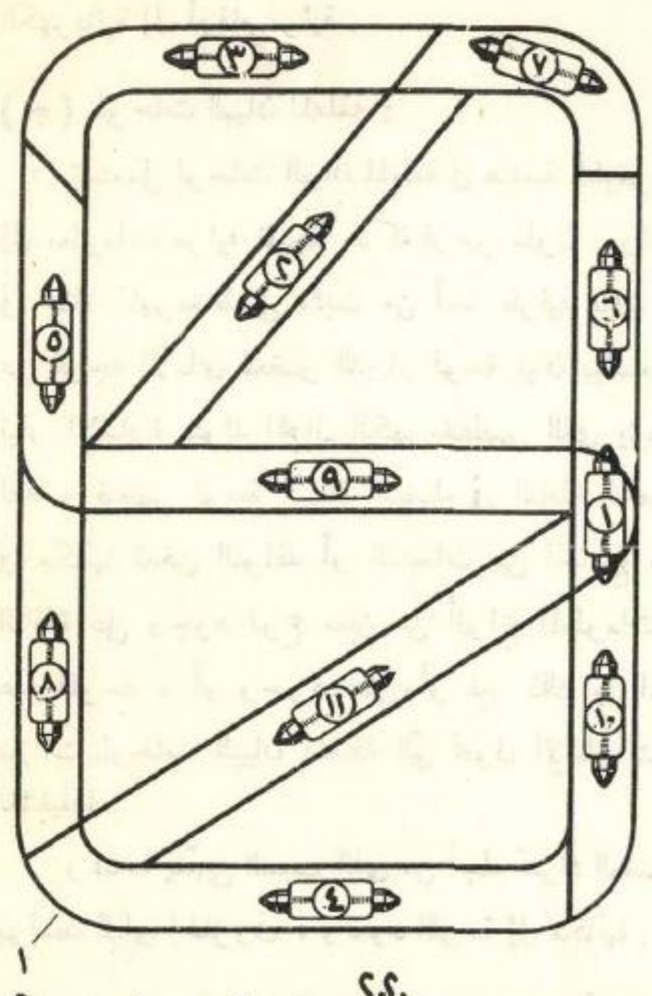
٤ — نفس المصابيح السابقة ولكن لها شكل أنبوبى

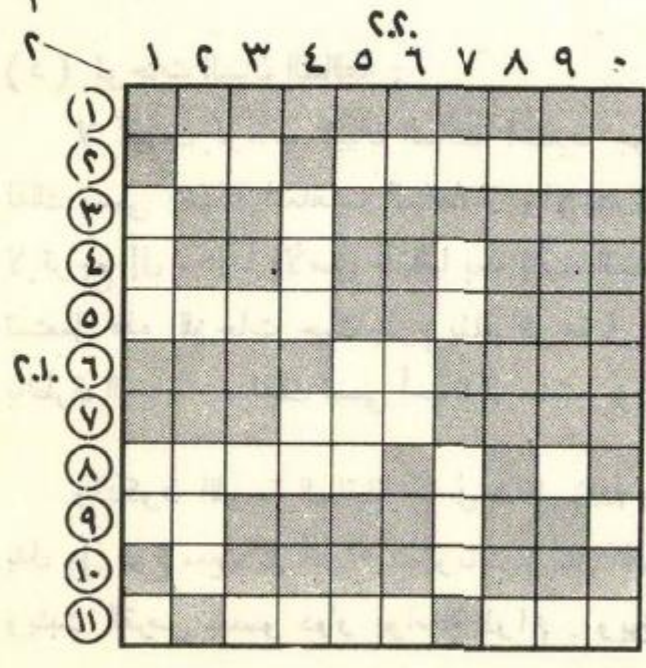
٥ — مصابيح مستخدمة فى الإشارات التليفونية

٦ ، ٧ — مصابيح مغرفة متألفة تستخدم فى الإشارة أو البيان

(ب) اللوحة العددية المضيئة :

تستخدم اللوحة العددية المضيئة لتحويل الإشارات الكهربائية الصادرة إليها إلى معلومات مرئية . وتحتوى هذه اللوحة على أرقام معدنية مفرغة ومضاءة من الخلف ، وتوضع هذه الأرقام متجاورة وفى صفوف أفقية متراصة فوق بعضها البعض . ويحتوى كل صف على الأرقام من صفر إلى ٩ . وباستخدام لوحة مكونة من أربع حجرات ، كل حجرة فيها تشبه تلك المبينة فى شكل (٢٢٦) ، فإنه يمكن إظهار الأعداد من صفر حتى ٩٩٩٩ .





الشكل (٢٢٦) إحدى حجرات الإضاءة للوحات عددية مضيئة .

١ – حجرة إضاءة

٢ – لوحة عددية مضيئة

٢|١ – مصابيح أنبوبية

٢ ٢ – الأرقام العددية

ويتم تشغيل مثل هذه اللوحة بواسطة مجموعة من المفاتيح مكونة من ١١ مفتاحا، يستخدم أحدها فى إلغاء مجموعة الأرقام ، وترتبط هذه المفاتيح بعضها ببعض ، بحيث يتم تشغيل رقم واحد فقط ، ولا يمكن تشغيل مجموعة من الأرقام فى نفس الوقت. ويجب أن يقوم مفتاح الإلغاء بعمله قبل تشغيل أى رقم آخر . وفى هذه اللوحة يمكن مثلا تمثيل الرقم صفر عندما تعمل جميع المصابيح فيما عدا المصابيح ٢ ، ٩، ١١ . وتعتبر هذه اللوحة محول طاقة يستخدم فى تحويل الإشارات الكهربائية إلى أرقام مرئية .

(ج) لوحات البيان المعلقة :

تستعمل لوحات البيان المعلقة فى هندسة التليفونات والسنترالات لتحويل الإشارات الكهربائية إلى معلومات مرئية نتيجة لحركة قرص ملون . وتتركب اللوحة المعلقة من عضو دوار موضوع فى مجال كهرمغنطيسى مثبت من أحد طرفيه بياى حلزونى لإعادته إلى وضعه الأصلى . وتلصق على الوجه الأمامى للعضو الدوار لوحة بيان بيضاء اللون . وعند غلق الدائرة الكهربائية بواسطة تيار الإشارة يتولد المجال الكهرمغنطيسى الذى يؤدى إلى تحريك العضو الدوار بالحث خلال $\frac{1}{8}$ لفة ، فتظهر لوحة البيان البيضاء فى النافذة المخصصة لها . ولإظهار اللوحة البيضاء بوضوح فى مكانها تدهن النوافذ أو الفتحات من الخارج باللون الأسود . ويدل وجود هذه اللوحة فى النافذة على وجود نوع معين من أنواع المعلومات مثل انشغال الخط التليفونى الذى تدل عليه هذه اللوحة ، أو وجود عطل،أو غير ذلك من المعلومات الخاصة بالتركيبات التليفونية . ومن مميزات لوحات البيان المعلقة التى تحول الإشارات إلى معلومات أنها لا تحتاج إلاقدرة ضئيلة لتشغيلها .

وعندما ينتهى السبب الذى من أجله تحرك العضو الدوار ، فإنه يعود إلى وضعه الأصلى تلقائيا بواسطة الياى الحلزونى ، وتعود اللوحة إلى مكانها .

(د) لوحات البيان الساقطة :

لا تختلف لوحات البيان الساقطة اختلافا جوهريا فى طريقة عملها عن لوحات البيان المعلقة، لذلك تسمى أحيانا المعلقات الساقطة . والاختلاف الأساسى بينها هو أن لوحات البيان الساقطة لا ترجع إلى مكانها الأصلى تلقائيا بعد انتهاء السبب الذى من أجله سقطت لوحة البيان . ولذلك تستعمل هذه اللوحات حيث يلزم بقاء اللوحة فى مكانها . وتعاد اللوحة إلى مكانها الأصلى عادة بالطرق اليدوية . ولذلك تسمى أحيانا لوحات خزن المعلومات .

وتتكون اللوحة الساقطة كما فى شكل (٢٢٧) من قرص غير مغنطيسى يحمل رقما أو حرفا يدل على نوع معين من أنواع المعلومات (مثل المحول ٤ لا يعمل ، أو الحجرة رقم ٤ مشغولة). ويثبت القرص بعضو دوار بواسطة ذراع . ويوضع العضو الدوار فى مجال مغنطيسى كهربائى .

ويدور العضو الدوار إلى أسفل ، فتسقط لوحة البيان بمجرد مرور الإشارة الكهربائية فى ملفات المغنطيس الكهربائى .

الشكل (٢٢٧) فكرة عمل لوحات البيان الساقطة
١ – مغنطيس كهربائى
٢ – العضو الدوار
٣ – اللوحة الساقطة
٤ – لوحة مرقة

(١٤) الصمام ذو الشعاع الكاثودى :

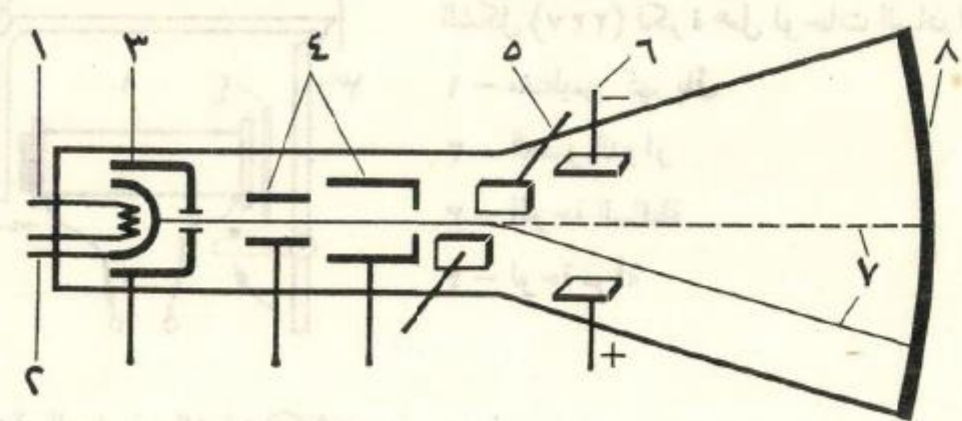
تستخدم هذه الصمامات فى تحويل الإشارات الكهربائية إلى ضوء مرئى بألوان متعددة تظهر على شاشة فلورسنتية . والصمامات من أهم الأجهزة المستخدمة فى القياسات الكهربائية المختلفة وفى رسم الذبذبات الكهربائية بجميع أنواعها ، وتستخدم الصمامات أيضا فى الرادار والرؤية من بعد (التليفزيون) لقدرتها الفائقة على رسم الصورة المتحركة .

وتقسم صمامات الأشعة الكاثودية تبعا لاستعمالاتها إلى : صمامات قياس الذبذبة ، وصمامات التصوير ، ويعمل كل من الصمامين وفقا لنفس الفكرة ، إلا أن لكل منهما أداء مميزاً يختلف عن الآخر .

ويبين شكل (٢٢٨) فكرة صمام راسم الذبذبات ذى الشعاع الكاثودى . ويشتمل الصمام عادة على أنبوبة مفرغة على هيئة قمع ، توجد فى نهايتها الواسعة شاشة فلورسنتية مغطاة بكبريتور الزنك وكبريتور الكادميوم . وترتسم الصورة على الشاشة نتيجة لاصطدام الشعاع الإلكترونى بها . ويتولد الشعاع داخل الأنبوبة نتيجة لتسخين الكاثود المصنوع من أكسيد الباريوم . ويتم تركيز هـذا الشعاع وتوجيهه على الشاشة حتى يرسم الصورة المطلوبة باستخدام أسطوانة أنودية مثقوبة توضع فى مسار الشعاع الإلكترونى تسمى « أسطوانة فهنيليت » .

وتعتبر قيمة الجهد المسلط على أسطوانة « فهنيليت » عاملا حاسما فى درجة اللمعان للصورة المتكونة على الشاشة الفلورسنتية ، حيث أنه يحدد سرعة إلكترونات الشعـاع الكاثودى . ثم ترتكز الإلكترونات مرة أخرى بواسطة أنبوبة بجهد سالب . كما يوضع فى مسار الشعاع لوحان أفقيان لهما مجال إلكتروستاتيكى يمكن بواسطته إحداث انحراف رأسى فى الشعاع ، بحيث تتحرك الإلكترونات إلى أعلى أو إلى أسفل تبعا لشكل الجهد المسلط عليهما . كذلك يوجد لوحان رأسيان لهما مجال إلكتروستاتيكى يمكن بواسطته إحداث انحراف أفقى للشعاع يمينا ويسارا بنفس الكيفية .

وقد تستبدل بالألواح الأفقية والألواح الرأسية ملفات أفقية وملفات رأسية يمر بها تيار كهربائى لإحداث الانحراف بالطرق الكهرمغنطيسية. وتتوقف قيمة الانحراف عادة على قيمة جهد اللوحين أو الملفين . وفى حالة عدم وجود أى جهد على اللوحين ، يظهر الشعاع على هيئة نقطة فى مركز الشاشة الفلورسنتية .



الشكل (٢٢٨) أساس عمل الصمام ذى الشعاع الكاثودى

١ – فتيلة تسخين

٢ – الكاثود

٣ – أسطوانة فهنيليت

٤ – الأسطوانة الأنودية

٥ – الألواح الرأسية المستخدمة فى إحداث انحراف الشعاع أفقيا

٦ – الألواح الأفقية المستخدمة فى إحداث إنحراف الشعاع رأسيا

٧ – الشعاع الكاثودى (المدفع الإلكترونى) ٨ – الشاشة الفلورسنتية

ويستخدم هذا الصمام فى قياس الموجة الجيبية للتيار المتردد . فإذا سلط التيار المتردد المراد معرفة شكله على اللوحين الأفقيين اللذين يسببان الانحراف الرأسى ، فإن الموجة تظهر على الشاشة على هيئة خط رأسى مستقيم ، حيث أن البقعة الضوئية ستتحرك إلى أعلى وإلى أسفل فقط . لذلك يوصل اللوحان الرأسيان اللذان يسببان الانحراف الأفقى بجهد يسمى الجهد الكاسح ، ويكون لهذا الجهد عادة شكل سن المنشار ، ليكسب البقعة الضوئية حركة أفقية إضافية منتظمة . وفى هذه الحالة تظهر صورة ذبذبة التيار المراد معرفة شكل موجته كحركة مستمرة بالنسبة للزمن . وللحصول على صورة تكاد تكون ثابتة لهذه الذبذبات ، تستخدم وسيلة إضافية لها جهد اكتساح سالب بالنسبة للكاثود . وتوضع هذه الوسيلة على اللوحين الرأسيين اللذين يسببان الانحراف الأفقى . ويطلق عادة على نظام توليد الإلكترونات وإسراعها وتركيزها اسم المدفع الإلكترونى . وتوجد عدة أنواع وطرازات مختلفة للصمامات التى تعمل بألواح الانحراف الكهرستاتيكى ، أو بملفات الانحراف الكهرمغنطيسى المستخدمة كصمامات لشاشة التليفزيون أو فى أجهزة الرادار والتحكم فى الطيران ، ولتسجيل الظواهر وكيفية تغيرها بالنسبة للزمن .

الباب الثالث
تضخيم الاشارات الكهربائية

(١٥) عــام :

من المعروف أن الطاقة الكهربائية للإشارات المستخدمة فى هندسة الاتصالات ضعيفة جدا ، فجهدها منخفض وتيارها متناه فى الضعف . لذلك تستخدم المضخات عادة فى هذا المجال لتقوية الإشارات وإظهارها بوضوح . ويفضل فى بعض الأحيان ، من وجهة النظر الاقتصادية ، تضخيم الإشارات عند نقطة الاستقبال ، بدلا من تضخيمها أثناء إرسالها .

ويستخدم فى هندسة الاتصالات وسائل وأجهزة شتى لتضخيم الإشارات ، أهمها :

١ — المرحلات .

٢ — مضخم الإشارات ذات التردد العالى .

٣ — مضخم الإشارات ذات التردد المنخفض .

وقبل التحدث عن المضخات ، يفضل أن نتناول بالشرح بعض التعريفات المستخدمة فى هذا المجال ، وأهمها كفاءة التضخيم أو معامل التكبير .

تعرف كفاءة التضخيم بأنها النسبة بين القدرة الداخلة للمضخم إلى القدرة الخارجة منه :

$$\text{كفاءة التضخيم} = \frac{\text{القدرة الداخلة}}{\text{القدرة الخارجة}} = \frac{ق_د}{ق_خ}$$

(١٦) المرحــلات :

شرحنا المرحلات ومميزاتها فى القسم الخاص بهندسة القوى . وتستخدم المرحلات أيضا فى هندسة الاتصالات كمضخات بالإضافة إلى استخداماتها الأخرى .

وللمرحلات أهمية خاصة من حيث استخدامها كمضخات فى هندسة الاتصالات ، حيث أنها تقوم بفصل أووصل التيارات ذات الشدة الكبيرة المستخدمة فى هندسة القوى أو هندسة الاتصالات، ومن مميزاتها أن القدرة اللازمة لتشغيل المرحلات صغيرة جدا . وتعرف كفاءة التضخيم فى المرحلات بأنها النسبة بين مجموع قدرات الدوائر التى تعمل عليها مرحلة ما (مرحل ما) إلى القدرة اللازمة لتشغيل هذه المرحلة :

$$\text{كفاءة المرحلة} = \frac{\text{قدرة الفصل أو الوصل}}{\text{قدرة الإثارة (قدر تشغيل المرحلة)}}$$

ومن المعروف أن قدرة الدوائر التى تعمل عليها ملامسات المرحلة (المرحل) أى الدوائر التى تقوم بفتحها أو غلقها ،أكبر بكثير من القدرة الضعيفة اللازمة لتشغيل ملامسات المرحلة لوصل وقطع التيار المار فى هذه الدوائر .

قدرة تشغيل المرحلة (وتسمى قدرة الإثارة) :

من المعروف أن قدرة تشغيل المرحلة تساوى حاصل ضرب جهد الإثارة ($ج_م$) فى تيار الإثارة ($ت_م$) .

ويعتمد مقدار قدرة الفصل والوصل على أبعاد الملامسات ، والخامة التى تصنع منها الملامسات ، وتصميمها ، وطريقة عملها .

والمثال التالى يبين كيفية حساب كفاءة التضخيم فى المرحلات .

مثـــال :

مرحل بملف يعمل على جهد ١٢ فلط . يمر به تيار إثارة (تيار تشغيل) ١٠٢ ملى أمبير ليكون قادرا على تشغيل أربعة ملامسات ، يعمل كل ملامس منها على قدرة مقدارها ٦٠ وات . إحسب قدرة تضخيم المرحلة .

المعطيات   المطلوب

$ج_م$ = ١٢ فلط   قدرة التضخيم

$ت_م$ = ١٠٢ ملى أمبير

قدرة الفصل = ٤ × ٦٠ وات = ٢٤٠ وات .

الحـــل :

قدرة الإثارة = $ج_م \times ت_م$

= ١٢ فلط × ١٠٢ ملى أمبير = ١٢٢٤ ملى وات

= ١,٢٢٤ وات .

$$\text{كفاءة التضخيم} = \frac{\text{قدرة الفصل}}{\text{قدرة الإثارة}}$$

$$= \frac{\text{٢٤٠ وات}}{\text{١,٢٢٤ وات}} = ١٩٦$$

أى أن هذا المرحل يمكن أن يضخم ١٩٦ مرة من قدرة إثارته .

فإذا أوصلت إليه قدرة إثارة مقدارها ١,٢٢٤ وات ، فيمكنه تشغيل دوائر كهربائية تصل قدرتها إلى ٢٤٠ وات عن طريق ملامساته الأربعة .

(١٧) تضخيم الإشارات ذات التردد العالى :

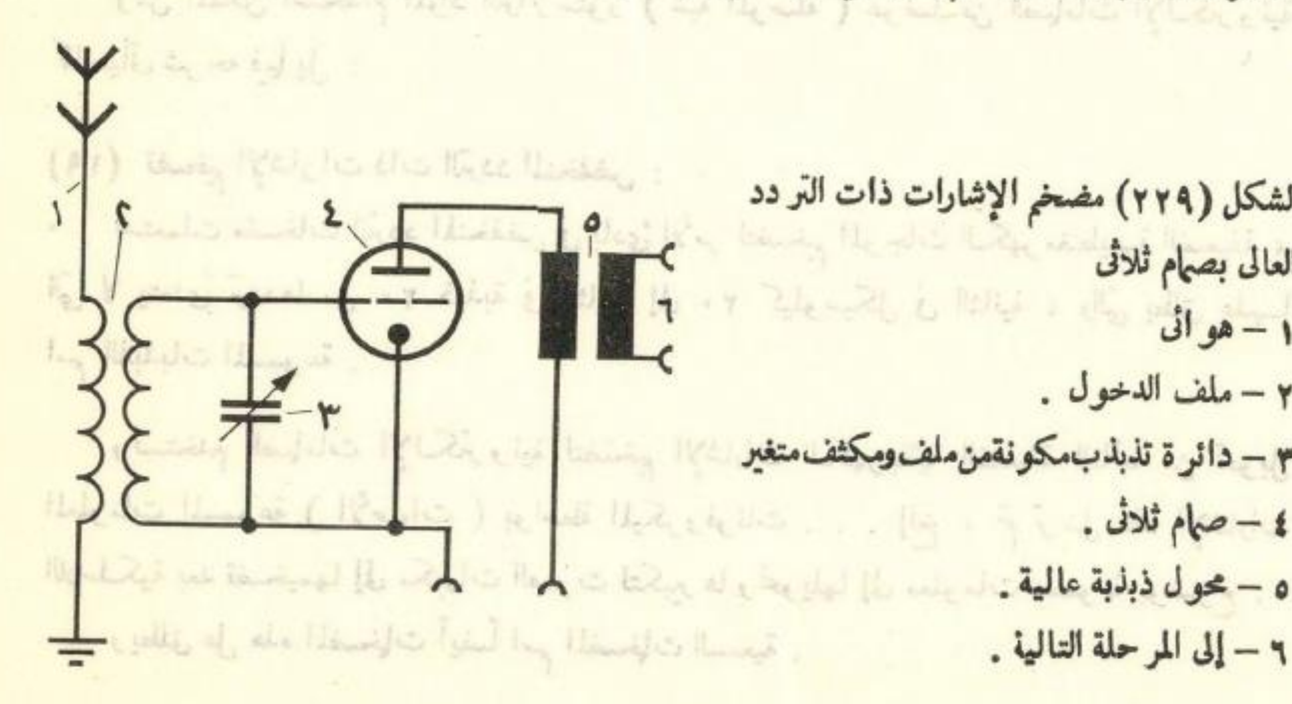
تستخدم الموجات الكهرمغنطيسية ذات الذبذبة العالية فى حمل المعلومات والإشارات ذات الذبذبة المسموعة (المنخفضة) لإرسالها بالطرق اللاسلكية .

وعند اصطدام الموجات ذات التردد العالى الحاملة للإشارات المسموعة بهوائى جهاز الاستقبال فإنها تحتاج عادة لعدة مراحل من التضخيم تستخدم فيها صمامات إلكترونية لا تحتاج إلى قدرة تذكر للقيام بعملية التضخيم . ويبين الشكل(٢٢٩) إحدى المراحل المستخدمة فى تضخيم الموجات ذات الترددالعالى ، حيث يمر الجهد الناتج من اصطدام الموجات المرسلة بالهوائى إلى ملفات دائرة الرنين (دائرة الاختيار) . وهذا الجهد الناتج من الاصطدام لا يتعدى ٠,٠٠٥ فلط . وتتم عملية التضخيم للموجات ذات التردد العالى على مرحلتين هما : مرحلة الاختيار ومرحلة التضخيم .

(أ) مرحلة الاختيار :

تستخدم دوائر الاختيار ، كما هو واضح من اسمها ، فى اختيار الموجة المطلوبة واستبعاد بقية الموجات . وتتكون دائرة الاختيار (دائرة الرنين) من ملف ومكثف متغير كما هو موضح بالشكل .

ويستخدم المكثف المتغير لضبط تردد هذه الدائرة حتى تتلاءم (أى تحدث رنيناً) مع تردد الموجات الكهرمغنطيسية المختارة المراد استقبالها أو إحداث رنين معها ، وبذلك يكون التيار المناظر لهذه الموجات هو أكبر تيار يمكن أن يمر بالدائرة . أما تيار الموجات الأخرى فيستبعد .



الشكل (٢٢٩) مضخم الإشارات ذات التردد العالى بصمام ثلاثى
١ – هوائى
٢ – ملف الدخول .
٣ – دائرة تذبذب مكونة من ملف ومكثف متغير
٤ – صمام ثلاثى .
٥ – محول ذبذبة عالية .
٦ – إلى المرحلة التالية .

(ب) مرحلة التضخيم :

يمر التيار المقابل للموجات المختارة من دائرة الاختيار إلى كاثود الصمام الثلاثى المضخم . ثم يمر التيار من الكاثود إلى الأنود ماراً بالشبكة التى تقوم بتضخيمه . ويمر التيار المضخم من الأنود إلى الملفات الابتدائية لمحول يستخدم فى تكبير التيارات والجهود ذات التردد العالى . ثم ينساب من الملفـــات الثانوية إلى مرحلة أخرى من مراحل التضخيم . وفيما يلى شرح مبسط للصمام الثلاثى المستخدم كمضخم .

(١٨) الصمام الثلاثى المستخدم كمضخم :

يتكون الصمام الثلاثى من كاثود وأنود وقطب ثالث مثقب بشكل شبكة معزولة تثبت بين الكاثود والأنود . ووظيفة هذه الشبكة هى التحكم فى التيار المار من الكاثود الى الأنود (التيار الأنودى) . ويتم ذلك بأن يسلط على الشبكة جهد يجرى تغييره حسب الحاجة .

وعندما يكون جهد الشبكة موجباً بالنسبة للكاثود يزداد مرور الإلكترونات ، وبذلك يمكن استخدام الصمام الثلاثى كمضخم (للجهد أو التيار أو القدرة) ، بتغيير قيمة الجهد بين شبكة الصمام والكاثود بطريقة معينة ، بحيث تؤدى إلى زيادة التيار المار بين الكاثود والأنود لتضخيمه بالقيمة المطلوبة ، وبحيث يكون مماثلا تماماً للتيار الأساسى .

أما إذا كان جهد الشبكة سالباً فإنه يمر عدد أقل من الإلكترونات . ويتم التحكم فى الإلكترونات دون فقد أى قدرة تذكر .

كما يمكن أيضاً استخدام الصمام الثلاثى كمولد للذبذبات أو ككاشف . وسيأتى شرح ذلك فيما بعد عند الكلام عن أجهزة الإرسال والاستقبال للموجات ذات التردد العالى .

ومن الممكن استخدام المواد الترانزستور (شبه الموصلة) عوضاً عن الصمامات الإلكترونية كما سيأتى شرحه فيما يلى :

(١٩) تضخيم الإشارات ذات التردد المنخفض :

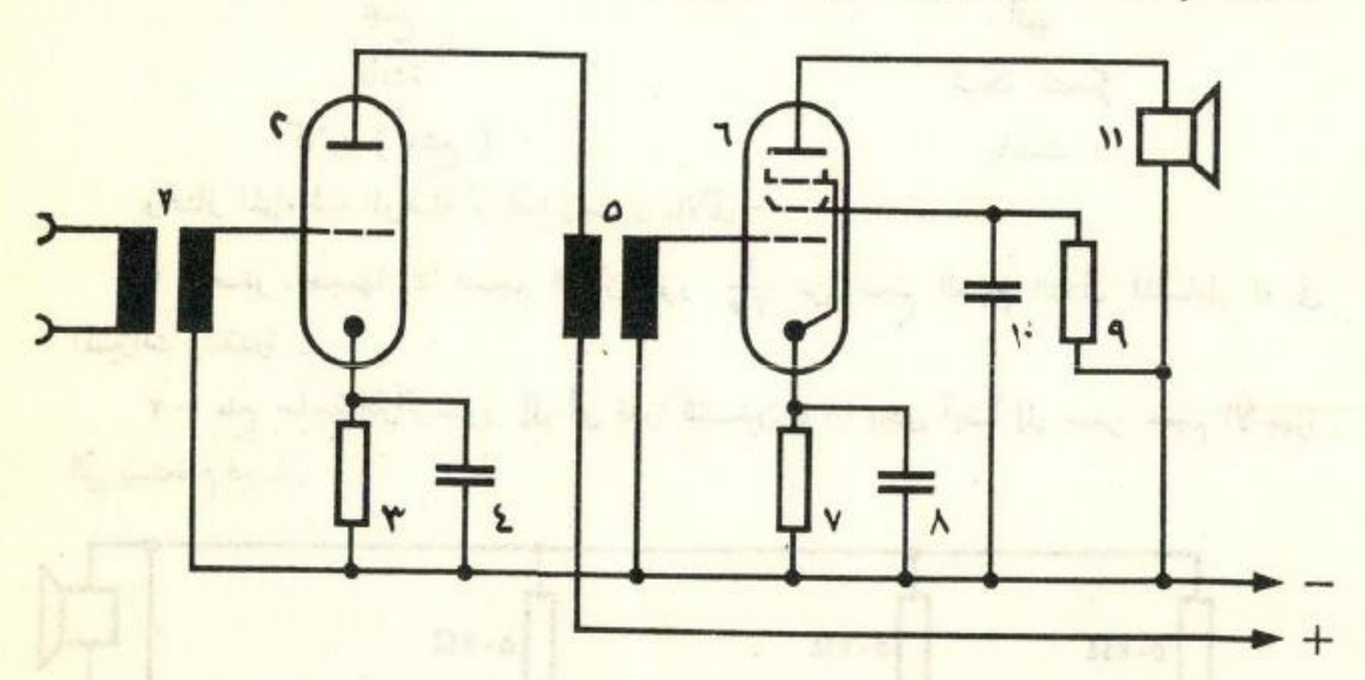
استعملت مضخات التردد المنخفض فى بادئ الأمر لتضخيم الموجات الكهرمغنطيسية الضعيفة ، التى لا يتعدى ترددها من ٢٠ ذبذبة فى الثانية إلى ٢٠ كيلوسيكل فى الثانية ، والتى يطلق عليهـا اسم الذبذبات المسموعة .

وتستخدم الصمامات الإلكترونية لتضخيم الإشارات الكهربائية الضعيفة الناتجة من تحويل المعلومات المسموعة (الأصوات) بواسطة الميكروفونات . . . إلخ ، ثم ترسل هذه الإشارات اللاسلكية بعد تضخيمها إلى مكبرات الصوت لتكبيرها وتحويلها إلى معلومات مسموعة بوضوح . ويطلق على هذه المضخات أيضاً اسم المضخات السمعية .

ويبين شكل (٢٣٠) دائرة تضخيم لموجات كهرمغنطيسية ذات تردد منخفض ، وفيها يتم التضخيم على مرحلتين ، حيث يستخدم فى المرحلة الأولى صمام ثلاثى ويستخدم فى المرحلة الثانية صمام خماسى .

وتتلخص عملية التضخيم فى الآتى :

يتم تحويل المعلومات المسموعة إلى إشارات كهربائية بترددمنخفض بواسطة ميكروفون أو جهاز من أجهزة تحويل المعلومات إلى إشارات ، ثم تمر هذه الإشارات إلى الملفات الابتدائية للمحلول (١) (بنسبة تحويل ١ : ١٠) لرفع جهد هذه الإشارات، ثم إلى الصمام الثلاثى المضخم، ثم إلى محول آخر بتردد منخفض لرفع الجهد (بنسبة تحويل ١ : ٤) ومنه إلى الصمام الخماسى المضخم ، ثم إلى مجموعة سماعات أو مكبرات للصوت أو إلى أجهزة تسجيل ، أو أى أجهزة أخرى تقوم بتحويل الإشارات الكهربائية إلى معلومات مسموعة .



الشكل (٢٣٠) مضخم الإشارات ذات التردد المنخفض مكون من مرحلتين – الأولى بصمام ثلاثى والثانية بصمام خماسى .

١ – محول ذبذبة منخفض (بنسبة تحويل ١ : ١٠)
٢ – صمام ثلاثى
٣ – المقاومة الكاثودية للصمام الثلاثى
٤ – المكثف الكاثودى للصمام الثلاثى
٥ – محرك ذبذبة منخفضة (بنسبة تحويل ١ : ٤)
٦ – الصمام الخماسى
٧ – المقاومة الكاثودية للصمام الخماسى
٨ – المكثف الكاثودى للصمام الخماسى
٩ – شبكة التسرب للصمام الخماسى
١٠ – مكثف شبكة التسرب
١١ – مكبر الصوت

(٢٠) المواد شبه الموصلة (الترانزستور) المستخدمة كمضخم :

تم تطوير المواد شبه الموصلة (الترانزستور) ، التى سبق شرح عملها ، بحيث أصبحت تصلح كمضخات بالإضافة إلى عملها كقومات . واستخدمت المواد شبه الموصلة فى تضخيم الإشارات الكهربائية بتردد عال وبتردد منخفض . والمواد شبه الموصلة المستخدمة كمضخات يمكن إنتاجها بإدماج صفات من أنواع ب (المتقبل) مع النوع ن (الواهب) . وتستعمل هذه الموجات حالياً بكثرة ، عوضاً عن الصمامات الثلاثية ، فى أغراض التضخيم والتقويم والكشف .

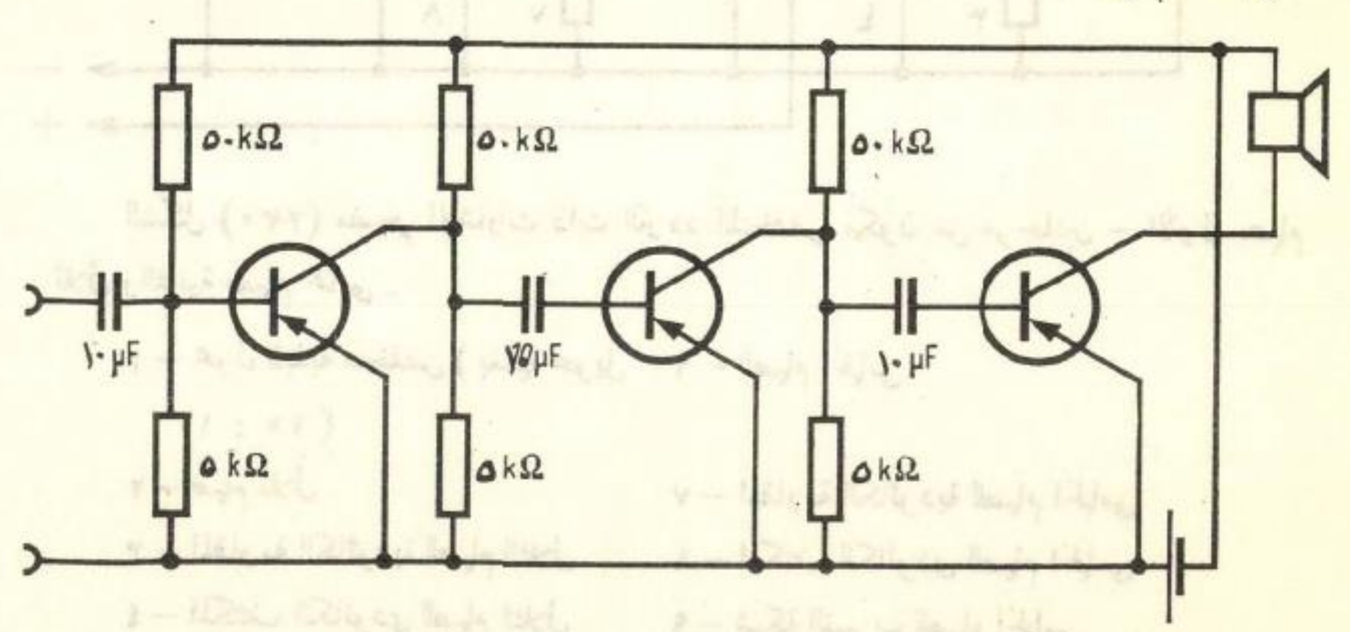
وفيما يلى بيان بالأسماء التى اتفق عليها لتسمية الأجزاء الرئيسية فى المضخات الترانزستور والتى تناظر نفس الأجزاء الرئيسية فى الصمامات الإلكترونية المستخدمة كمضخمات :

أسماء الأجزاء الرئيسية فى المواد الترانزستور	أسماء الأجزاء الرئيسية المناظرة لها فى الصمام الثلاثى
مجمع	أنود
قاعدة	شبكة التحكم
كاثود (مشع)	باعث

وتمتاز المواد شبه الموصلة أو الترانزستور بالآتى :

١ – صغر حجمها ، فحجم الترانزستور $\frac{١}{٢٥}$ من حجم الصمام الثلاثى المقابل له فى المميزات والقدرة .

٢ – عدم حاجة الترانزستور إلى أى قدرة للتسخين ، مما يؤدى أيضاً إلى صغر حجم الأجهزة التى يستخدم فيها .



الشكل (٢٣١) مضخم للإشارات ذات التردد المنخفض

مكون من ثلاث مراحل تضخيم باستخدام الترانزستور بدلا من الصمامات .

٣ – إنهـا تعمل بمجرد مرور التيار بهـا ، حيث أنهـا لا تحتاج إلى تسخين .

٤ – إنهـا تعمل على جهد أنودى ضعيف (فى حدود ١٠ فلط إذا قورن بالجهد الأنودى للصمامات الإلـكترونية الذى يصل إلى ٣٠٠ فلط) . وينتج عن ذلك أن احتمالات الأعطال تكون أقل بكثير منهـا فى حالة الصمام الثلاثى .

ويبين شكل (٢٣١) رسماً تخطيطياً لدائرة بهـا مضخات ترانزستور بدلا من الصمامات الإلـكترونية ،تستخدم فى تضخيم الإشارات ذات التردد المسموع. وهى تتكون من ثلاث مراحل . وهذه الدائرة تستخدم فى نفس الأغراض التى تستخدم فيهـا دائرة التضخيم ذات المرحلتين بصمامات إلـكترونية كتلك التى سبق شرحها . ودائرة التضخيم المعطاة فى شكل (٢٣١) بنفس قيم مكوناتهـا تستخدم فى تضخيم جهد أنودى فى حدود ١٠ فلط . ويتم تضخيم الجهد فى هذه الدائرة باستخدام مقاومات ومكثفات فقط (أى دون استخدام ملفات أو محولات) .

الباب الرابع

أجهزة ارسال واستقبال الاشارات ذات التردد العالى

أبرز العلم الحديث ، وعلى الأخص بحوث الفضاء ، بعض المشاكل المرتبطة بطول المسافة بين جهاز الإرسال وجهاز الاستقبال ، الأمر الذى أدى إلى استخدام أجهزة الإرسال والأستقبال القوية ذات الحجم الصغير .

(٢١) طرق توليد التيارات العالية التردد (الموجات الكهرمغنطيسية) :

يمكن توليد نوعين من التيارات ذات التردد العالى أحدهما بذبذبة مخمدة والآخر بذبذبة قسرية . وفيما يلى شرح مبسط لكيفية توليد النوعين .

١ — توليد الذبذبات المخمدة (المضمحله) :

يمكن توليد التيارات العالية التردد أو الموجات الكهرمغنطيسية ذات التردد العالى ، بذبذبات مخمدة (مضمحلة) بواسطة دوائر مقفلة تعرف باسم دوائر التذبذب (أو دوائر التوليف) . وتتكون هذه الدوائر فى أبسط صورها عادة (شكل ٢٣٢) من مكثف (س) متصل على التوازى بملف تأثيرى (ل) ، وتوصل هذه الدائرة على التوازى بمصدر للطاقة (بطارية مثلا) لشحن المكثف إبتدائياً ، ثم يفصل مصدر الطاقة بعد ذلك . وبواسطة هذه الدائرة يمكن الحصول على الذبذبة الحرة أو الذبذبة المخمدة التى يمكن رؤية شكلها باستخدام جهاز راسم الذبذبات (الأوسيلسكوب) . وشكل الذبذبة الناتجة مماثل تماماً للنموذج (٥) الموضح فى الشكل (٢٣٢) . ويتم توليد الذبذبة المخمدة (المضمحلة) بالتسلسل التالى :

يشحن المكثف (س) بواسطة مصدر الطاقة حتى يتساوى جهد المكثف مع جهد المصدر . وعند غلق المفتاح لفصل مصدر الطاقة وتوصيل الملف (ل) على التوازى مع المكثف (س) فإن معدل تفريغ المكثف بالملف لا يتم بطريقة فجائية ، لأن الحث الذاتى للملف يجعل نمو تيار التفريغ بطيئاً . وفى أثناء نمو التيار يأخذ المجال الكهربائى فى المكثف فى التلاشى ، ويظهر بدلا منه فى الملف مجال مغنطيسى يتزايد حتى يبلغ نهايته العظمى ، وتتحول الطاقة الكهربائية التى كانت فى المكثف إلى طاقة مغنطيسية فى الملف .

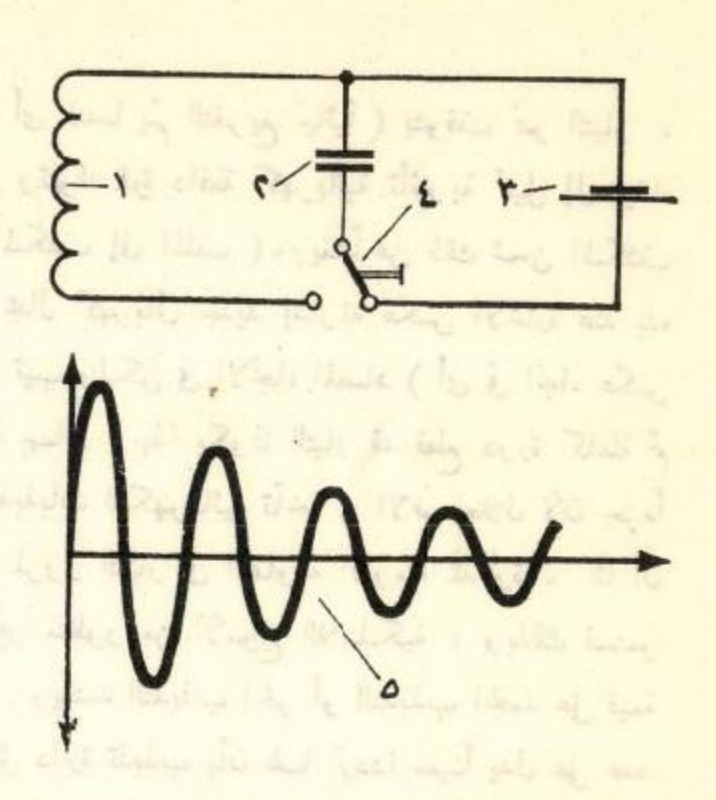
وعندما يتساوى جهد لوحى المكثف (أى عندما يتم التفريغ نهائياً) يتوقف نمو التيار ، وتأخذ خطوط القوى المغنطيسية فى الانكماش وتتولد قوة دافعة كهربائية تأثيرية تميل إلى إبقاء مرور التيار فى نفس الاتجاه الأصلى (من المكثف إلى الملف)، وينشأ عن ذلك شحن المكثف فى الاتجاه المضاد ، وبذلك يتولد بالمكثف مجال كهربائى جديد إشارته عكس الاشارة عند بدء الشحن . وتتكرر العمليات السابقة بنفس الترتيب ولكن فى الاتجاه المضاد (أى فى اتجاه عكس الاتجاه الأصلى) ثم تعود إلى الحالة التى بدأت بها . وبهذا يكون التيار قد قطع دورة كاملة ثم تتلوها عدة دورات بنفس التتابع . غير أن الذبذبات الكهربائية تأخذ فى الاضمحلال لأن جزءاً من الطاقة الكهربائية يتبدد كحرارة ، نتيجة لمرور التيار فى المقاومة الأومية للدائرة ، كما أن جزءاً آخر من الطاقة ينطلق على هيئة إشعاع غير منظور من الأمواج اللاسلكية ، وبذلك تستمر ذبذبات الدائرة فى الاضمحلال حتى تبطل تماماً . ويعتمد التذبذب الحر أو التذبذب المخمد على قيمة المكثف (س) والملف (ل) . وتتميز كل دائرة تذبذب بأن لها ترددا معيناً يدل على عدد الذبذبات الحرة التى تحدث بها فى الثانية ، ويساوى :

$$د = \frac{١}{٢ ط \sqrt{ل س}}$$

وشكل هذه الترددات المخمدة يكون دائماً مماثلا للنموذج ٥ . ولا تصلح التيارات ذات الذبذبات المخمدة (المضمحلة) فى الإرسال للموجات الكهرمغنطيسية نظراً لعدم أهميتها . وإنما تستخدم عادة التيارات ذات الذبذبات غير المخمدة أو الذبذبات القسرية فى عمليات الإرسال والاستقبال اللاسلكية .

٢ – توليد الذبذبات القسرية (غير المخمدة) :

يمكن الحصول على ذبذبات غير مخمدة بإمداد دائرة التذبذب المخمد السابق شرحها بطاقة مساوية للطاقة المفقودة عن طريق بطارية، أو باستخدام صمام ثلاثى، أو عن طريق دوائر التغذية المرتدة (التغذية الرجعية) ، ويبين شكل (٢٣٣) إحدى هذه الدوائر حيث يقوم الصمام الثلاثى بعمليات التغذية المستمرة للطاقة المفقودة ، لما يتميز به من خاصية التكبير . أما دوائر التغذية الرجعية فتقوم بالتحكم فى الطاقة الخارجة من الصمام حتى تتساوى تماماً مع الطاقة المفقودة . وتتكون دوائر التغذية الرجعية من دائرة تذبذب ، وهى عبارة عن مكثف متغير ، وملف حثى ، ومن ملف آخر يسمى ملف التوليف . ويوضع ملف التوليف عادة على نفس القالب أو الإطار الذى يوضع عليه الملف الحثى الخاص بدائرة التذبذب ، فيحدث بينهما ترابط حثى وثيق . ويقوم الملفان فى هذه الحالة بعمل محول ملفاته الابتدائية والثانوية لها حث متبادل ثابت .



الشكل (٢٣٢) رسم تخطيطى يوضح شكل الذبذبات المخمدة وكيفية توليدها

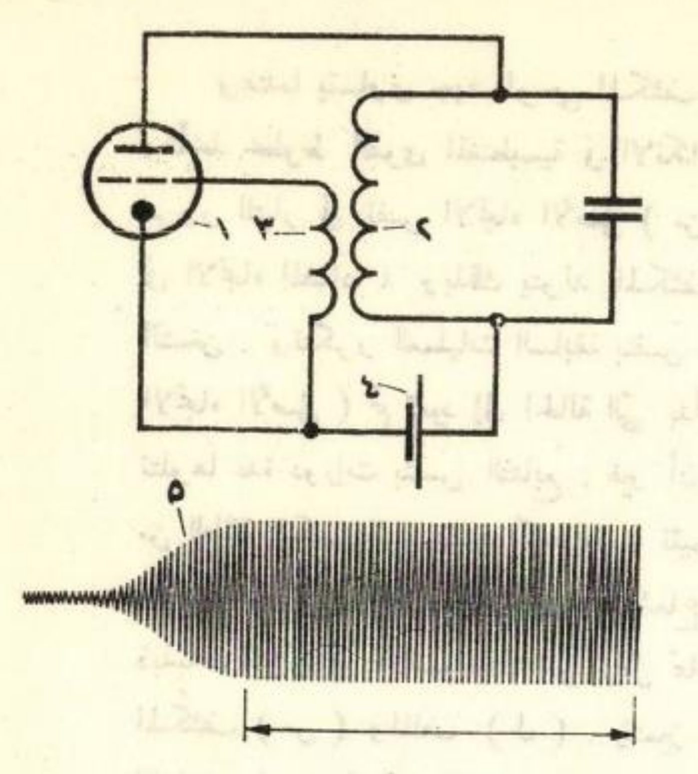
١ - ملف

٢ – مكثف

٣ – مصدر الطاقة الكهربائية

٤ – مفتاح قاطع (مغير)

٥ – نموذج لشكل الذبذبات المخمدة الناتجة



الشكل (٢٣٣) دائرة تغذية مرتدة

١ – صمام ثلاثى

٢ – دائرة توليد ذبذبات

٣ – ملف توليف

٤ – مصدر الطاقة الكهربائية

٥ – نموذج لشكل الذبذبا ت غير المخمدة الناتجة.

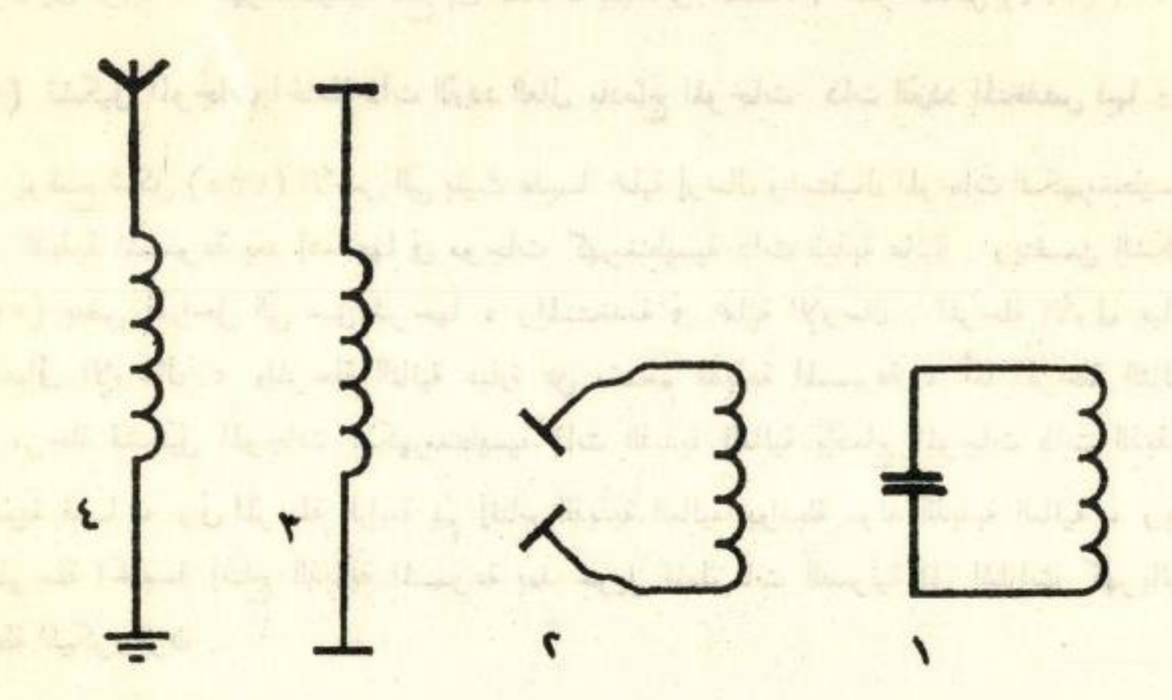
ويوصل ملف التوليف هذا بين شبكة الصمام الثلاثى والكاثود، بينما توصل دائرة التذبذب فى دائرة الأنود كما فى شكل (٢٣٣) .

وعندما يقوم الصمام بشحن المكثف تتولد ذبذبة مخمدة فى دائرة التذبذب . وتؤدى هذه الذبذبة الحادثة إلى نقل جزء من الجهد المتولد فيها إلى الملف المولف (الملف القارن) عن طريق الترابط الحثى الوثيق بينهما . ويؤثر الملف القارن بدوره على التيار الأنودى للصمام الثلاثى ،وبفضل خاصية التكبير فى هذا النظام فإن التيار الأنودى المتكون ، تزيد قيمته على قيمة التيار الأصلى الناتج من دائرة التذبذب . وينتقل جزء من طاقة دائرة التذبذب الموصلة بالأنود مرة أخرى إلى الملف القارن (الملف المولف) الموصل بالشبكة ، فترتفع درجة الذبذبات وتصل إلى اتساعها النهائى . وبذلك تتذبذب المجموعة ذبذبات مستمرة غير مخمدة وثابتة الاتساع .

ويتوقف التذبذب فى هذه الدائرة على تردد القوة الدافعة الكهربائية التى تمدها بالطاقة،وعلى

سعة المكثف (س) وعلى الحث الذاتى للملف (ل) . ويمكن حساب التذبذب طبقاً لقاعدة تومسون كما يلى :

$$د = \frac{١}{٢ ط \sqrt{ل س}}$$



الشكل (٢٣٤) كيفية تحويل دوائر التذبذب المغلقة إلى دوائر مفتوحة

١ – دوائر تذبذب مغلقة .
٢ – لوحات المكثف مفصولة عن بعضها البعض .
٣ – دائرة تذبذب مفردة (مشدودة)
٤ – دائرة تذبذب مفتوحة تستخدم كهوائى لجهاز الإرسال أو الاستقبال .

ودوائر التذبذب القسرى التى أشرنا إليها تسمى دوائر الرنين . وهى تستخدم لإشعاع طاقة كهرمغنطيسية تستخدم فى عمليات الإرسال والاستقبال اللاسلكى ، وتضبط دوائر الرنين والملفات المولفة على تردد الرنين ، للحصول على أكبر قيمة ممكنة للتيار والجهد .

ومن مميزات دوائر توليد الذبذبات القسرية أن ترددها مستمر ولا يتعرض للاضمحلال ولا يتوقف على قيمة المكثف والملف الحثى بدائرة الرنين فقط ، وإنما يحدد ترددها كذلك تردد القوة الدافعة الكهربائية التى تمدها بالطاقة المفقودة فيها أو تردد التيار الأنودى للصمام الثلاثى ، كما تلعب قيمة الملف المولف دورا هاما فى تحديد التردد .

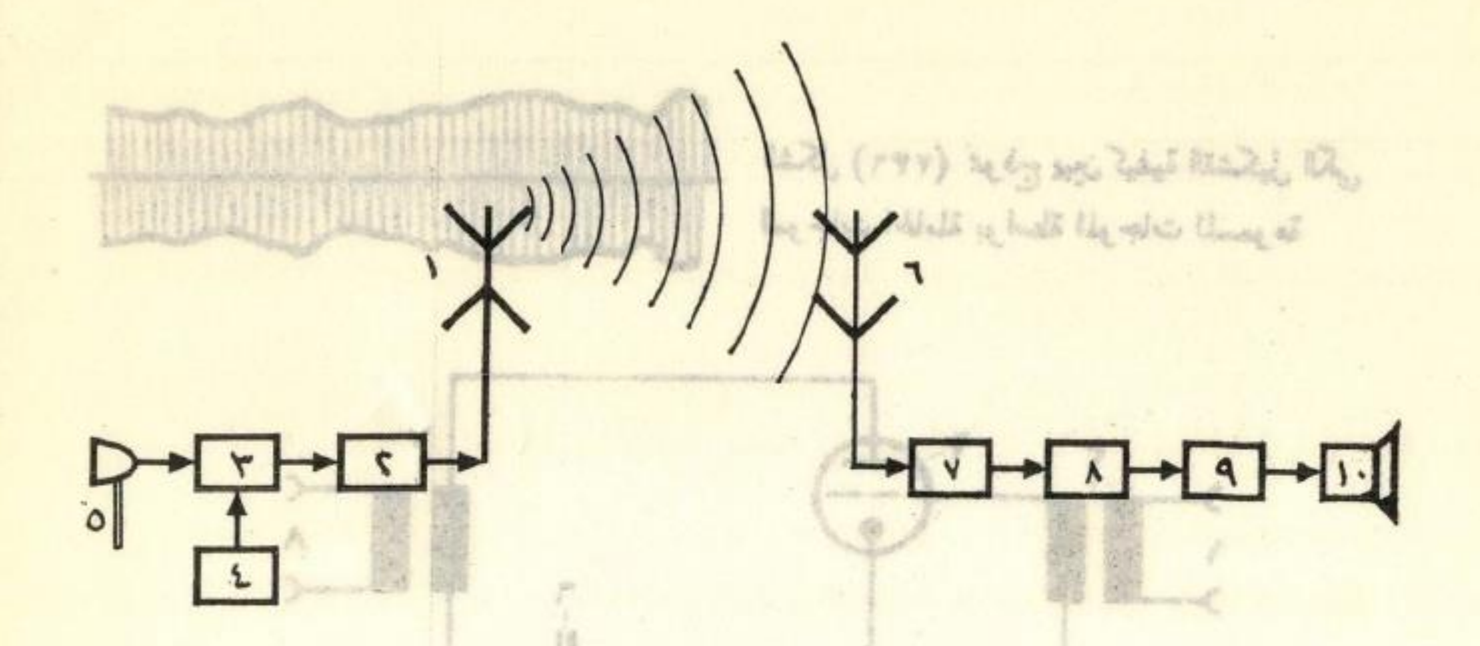
ويمكن الكشف عن المجالات الكهربائية والمغنطيسية الناتجة فى هذه الدوائر بواسطة أجهزة قياس دقيقة جداً . وحتى يكون هذا الكشف دقيقاً يفضل أن تتم القياسات فى الدائرة نفسها أو فى أقرب مكان من الدائرة . ويرجع ذلك إلى أن نصف قطر الإشعاع الكهرمغنطيسى الناتج صغير للغاية ، كماأنه عند تحول دوائر التذبذب المغلقة إلى دوائر مفتوحة ، فإن الذبذبات الكهرمغنطيسية تتحول إلى موجات كهرمغنطيسية تشع إلى مسافات بعيدة فى الفضاء ، انظر الشكل (٢٣٤) .

(٢٢) تشكيل الموجات الحاملة ذات التردد العالى بادماج الموجات ذات التردد المنخفض فيها :

يوضح شكل (٢٣٥) الأسس التى بنيت عليها عملية إرسال واستقبال الموجات الكهرمغنطيسية ذات الذبذبة المسموعة بعد إدماجها فى موجات كهرمغنطيسية ذات ذبذبة عالية . ويتضمن الشكل (٢٣٥) بعض المراحل التى سبق شرحها ، والمستخدمة فى عملية الإرسال . المرحلة الأولى عبارة عن هوائى الإرسال ، والمرحلة الثانية عبارة عن مضخم للذبذبة المسموعة ، أما المرحلة الثالثة فهى مرحلة تشكيل الموجات الكهرمغنطيسية ذات الذبذبة العالية بإدماج الموجات ذات الذبذبة المسموعة فيها ، وفى المرحلة الرابعة يتم إنتاج الذبذبة العالية بواسطة مولد الذبذبة العالية ، ويتم فى المرحلة الخامسة إنتاج الذبذبة المسموعة بعد تحويل المعلومات الصوتية إلى إشارات كهربائية بواسطة الميكروفون .

وفى الجانب الآخر من الشكل تظهر كيفية الاستقبال . فعند خروج الموجات ذات الذبذبة العالية حاملة الموجات ذات التردد المسموع المدمجة فيها عن طريق هوائى الإرسال ، تسير هذه الموجات فى الفضاء لمسافات بعيدة حاملة موجات الصوت معها ، وبعد اصطدام الموجات بهوائى جهاز الاستقبال المبين بالمرحلة (٦) ، حيث تضخم فى المرحلة (٧) . وفى المرحلة الثامنة تتم عملية الكشف أو فك التشكيل لفصل الموجات ذات التردد المسموع عن الموجات الحاملةحيث يتم تضخيمها فى المرحلة التاسعة ، ومن مضخم التردد المسموع إلى مكبرات الصوت المبينة فى المرحلة رقم (١٠) لسماعها . ويمكن تعريف عملية تشكيل الموجات الكهرمغنطيسية ذات الذبذبة العالية فى أبسط صورها بأنها الإمكانية الفنية لطبع الموجات الصوتية ذات التردد المنخفض على موجات كهرمغنطيسية ذات تردد عال بطريقة مناسبة . وبهذه الطريقة يمكن إرسال الإشارات ذات التردد المنخفض فى الفضاء لمسافات بعيدة ، ثم استقبالها وسماعها من بعد بواسطة أجهزة الاستقبال .

ولشرح عملية الإدماج أو التشكيل والطرق المتبعة فيها ، يجب التفرقة بين التشكيل الكمى للموجات الكهرمغنطيسية الحاملة بإدماج التردد المسموع فيها وبين تشكيل التردد (الذبذبة) للموجات الكهرمغنطيسية الحاملة بإدماج الموجات ذات التردد المنخفض فيها .



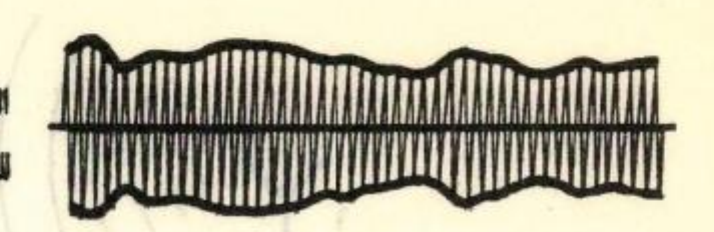
الشكل (٢٣٥) أساس عملية الإرسال والاستقبال اللاسلكية

١ – هوائى جهاز الإرسال
٢ – مرحلة التضخيم
٣ – مرحلة تشكيل الموجات الحاملة
٤ – مرحلة توليد الذبذبات العالية
٥ – الميكروفون
٦ – هوائى جهاز الاستقبال
٧ – مرحلة تضخيم الموجات ذات التردد العالى
٨ – مرحلة فصل الموجات المسموعة عن الموجات ذات التردد العالى
٩ – مرحلة تضخيم الموجات المسموعة
١٠ – مكبرات الصوت

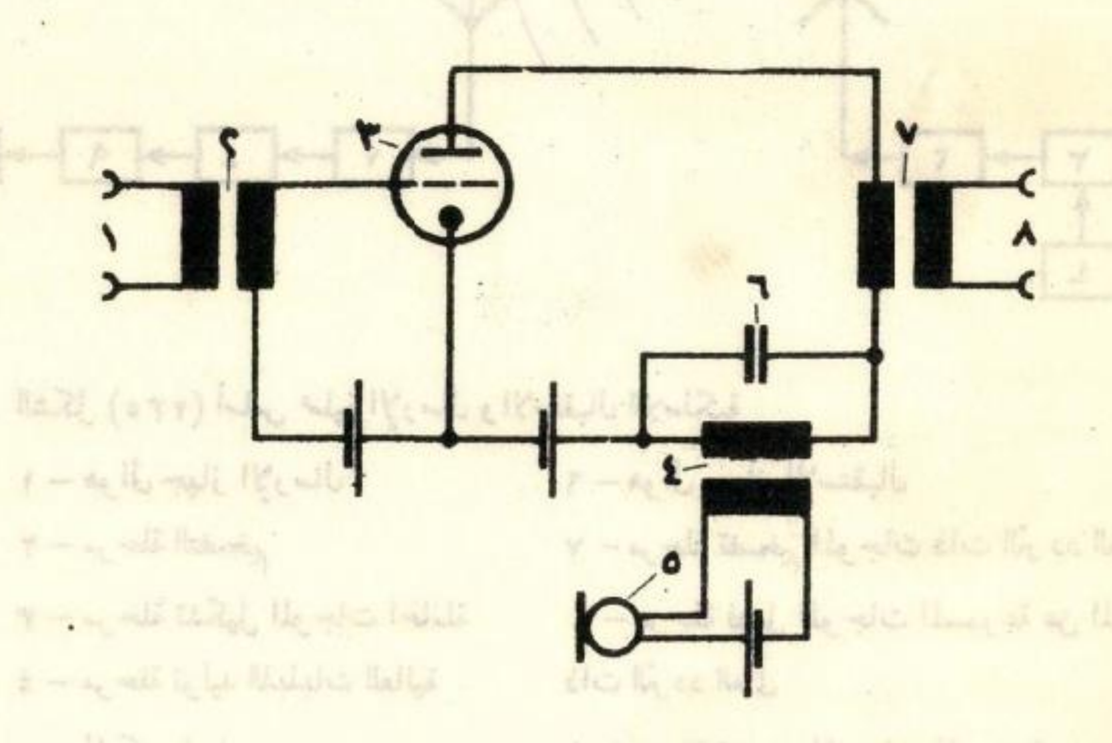
(٢٣) تشكيل سعة الموجات الحاملة (التشكيل الكمى للموجة الحاملة) :

يتم إشعاع الذبذبة الكهرمغنطيسية غير المخمدة فى الفضاء على هيئة موجات كهرمغنطيسية ذات سعة ثابتة . وقد سبق أن بينا فى شكل (٢٣٢) تمثيلا للموجات الصوتية ذات التردد المسموع الصادر من ميكروفون مثلا . كما بينا فى شكل (٢٣٣) تمثيلا للموجات غير المخمدة الحاملة ذات التردد العالى . وعند إدماج الموجات الصوتية فى الموجات الحاملة ، فإن سعة الموجات الحاملة غير المخمدة تتغير تبعاً لسعة الذبذبات الصوتية ، ونتيجة لهذا الإدماج نحصل على الموجة اللاسلكية المبينة فى شكل (٢٣٦) .

ويمثل شكل (٢٣٧) رسماً تخطيطياً لإحدى الدوائر المستخدمة فى مرحلة بسيطة من مراحل إدماج السعة للموجات الكهرمغنطيسية الصوتية الصادرة من ميكروفون ، مع الموجات الكهرمغنطيسية ذات الذبذبة العالية .



الشكل (٢٣٦) نموذج يبين كيفية التشكيل الكمى للموجات الحاملة بواسطة الموجات المسموعة



الشكل (٢٣٧) مكونات مرحلة التشكيل

١ - دخول الموجات الحاملة ذات التردد العالى
٢ - محول دخول
٣ - صمام ثلاثى
٤ - محول الموجات المسموعة
٥ - ميكروفون
٦ - مكثف مانع لمرور الموجات ذات التردد العالى
٧ - محول خروج
٨ - مرحلة التشكيل الكمى للموجات الحاملة

(٢٤) تشكيل تردد الموجات الحاملة :

عند استخدام الموجات ذات الذبذبة العالية جداً فى حمل الموجات ذات التردد المسموع ، يفضل دائماً أن تتم عملية تشكيل تردد الموجات الحاملة (التى لا يقل ترددها عن ٥٠ ميجاسيكل) بدلا من عملية التشكيل الكمى بواسطة الموجات ذات التردد المسموع . وفى هذه الحالة تظل سعة الموجات الحاملة كما هى (لا تتغير قيمة ذروتها) ، وإنما تتغير فقط ذبذبتها نتيجة لجمع وطرح الذبذبات المسموعة منها ، كما هو مبين فى شكل (٢٣٨) .

الشكل (٢٣٨) نموذج تشكيل تردد الموجات الحاملة بواسطة الموجات المسموعة
١ – الموجات الحاملة
٢ – موجات صوتية جيبية الشكل
٣ – موجات حاملة تم تشكيل ترددها بواسطة الموجات السمعية .

(٢٥) أجهزة استقبال الموجات ذات التردد العالى :

بعد تشكيل الموجات الكهرمغنطيسية ذات التردد العالى بإدماج الموجات الكهرمغنطيسية ذات التردد المسموع فيها ، ترسل فى الفضاء لتصطدم بهوائى جهاز الاستقبال . وتمر هذه الموجات المشكلة ذات التردد العالى فى دائرة هوائى جهاز الاستقبال على هيئة ذبذبات ذات جهد ضعيف جداً .ويصير تكبيرها على مرحلتين أو أكثر بمضخمات التردد العالى . ويقوم جهاز الاستقبال بعد ذلك باختيار محطة الإذاعة المطلوبة من بين الموجات الكهرمغنطيسية العديدة ذات الترددات المختلفة المنتشرة فى الفضاء . وتستخدم لهذا الغرض دائرة كهربائية تسمى دائرة الاختيار . وتتكون من ملف ومكثف هوائى متغير . ويضبط تردد دائرة الاختيار بحيث يحدث التردد فيها رنيناً مع تردد الموجات المختارة المطلوب استقبالها . وبذلك يكون التيار المار فى دائرة الرنين والمناظر للموجات المختارة أكبر ما يمكن ، بينما تكون التيارات الأخرى المناظرة لأى نوع آخر من الموجات المنتشرة فى الفضاء أقل ما يمكن . ثم يمر هذا التيار المناظر للموجة المختارة إلى دوائر الفصل أو دوائر الكشف ، حيث تفصل الموجات الصوتية ذات التردد المسموع عن الموجات الحاملة ذات التردد العالى غير المسموع ، وتضخم بمضخمات التردد المنخفض ، ومنه إلى مكبرات الصوت . وتتم عملية الفصل عادة باستخدام مقوم إلكترونى ، أو مقوم ترانزستور أو صمام ثنائى شبه موصل .

ويبين شكل (٢٣٩) رسماً تخطيطياً لعملية فصل الموجات ذات التردد المسموع من الموجات الحاملة بطريقة التقويم . وكذلك أجهزة تحويل الموجات المشكلة ذات التردد العالى إلى موجات ذات تردد مسموع .

(٢٦) مدى إرسال الموجات ذات التردد العالى :

أدى تطور العلاقات بين هندسة الاتصالات اللاسلكية وبين تردد الموجات الكهرمغنطيسية المستخدمة فى حمل الموجات الصوتية ، إلى معرفة المدى الذى يمكن أن تصل إليه الموجات ذات الترددات المختلفة .

الشكل (٢٣٩) كيفية فصل الموجات السمعية عن الموجات الحاملة بعد تشكيلها بطريقة التشكيل الكمى

١ – ذبذبة حاملة معدلة بطريقة التشكيل الكمى

٢ – ذبذة حاملة تم تقويمها

٣ – قيمة متوسطة لذبذبة لا دورية تم تشكيلها بواسطة ذبذبة سمعية صادرة من مكبر الصوت.

ويمكن التعبير عن الموجات عادة إما بالترددات أو بطول الموجة .

وطول الموجة هو المسافة التى يمكن أن تقطعها الموجة خلال دورة واحدة .

ويجب فى هذا المجال الرجوع إلى طرق الاتصال اللاسلكية المنصوص عليها فى نهاية هذا الجزء .

نوع الموجة	متوسط طول الموجة	مدى التردد	نصف قطر مدى الإرسال	يتم الإنتشار أساسا عن طريق
موجة طويلة جداً	٣٠ كم – ٣ كم	من ١٠ إلى ٣٠ كيلوسيكل	إلى أقصى مسافة ممكنة دون اضمحلال	الموجات الأرضية
موجة طويلة	٣ كم – ٣٠٠ متر	من ٣٠ إلى ٣٠٠ كيلوسيكل	حتى ١٠٠٠ كيلومتر	الموجات الأرضية
موجة متوسطة	٣٠٠ متر – ٣٠ متر	من ٠,٣ إلى ٣ ميجاسيكل	حوالى ١٠٠ كيلومتر	الموجات الأرضية أثناء النهار الموجات الفضائية أثناء الليل
موجة قصيرة	٣٠ متر – ٣ متر	٣ إلى ٣٠ ميجاسيكل	إلى أقصى مسافة ممكنة ولكن يحدث لها اضمحلال	الموجات الفضائية
موجات ذات تردد عال جداً	٣ متر – ٣٠ سم	٣٠ إلى ٣٠٠ ميجاسيكل	حتى ١٠٠ كيلومتر	انتشار شبه بصرى (مثل انتشار موجات الضوء)
موجات ديسمترية	٣٠ سم فأقل	٣٠٠–٣٠٠٠ ميجاسيكل	حوالى ١٠٠٠ كيلومتر	انتشار شبه ضوئى

ملحوظة :

الكيلو سيكل = ١٠٠٠ ذبذبة فى الثانية
الميجاسيكل = ١,٠٠٠,٠٠٠ ذبذبة فى الثانية .

وهناك علاقة وثيقة فيما بين البيانات المعطاة فى الجدول ، أى بين متوسط طول الموجة ومدى التردد ، وسرعة الضوء .

ويمكن التعبير عن هذه العلاقة بالمعادلة الآتية :

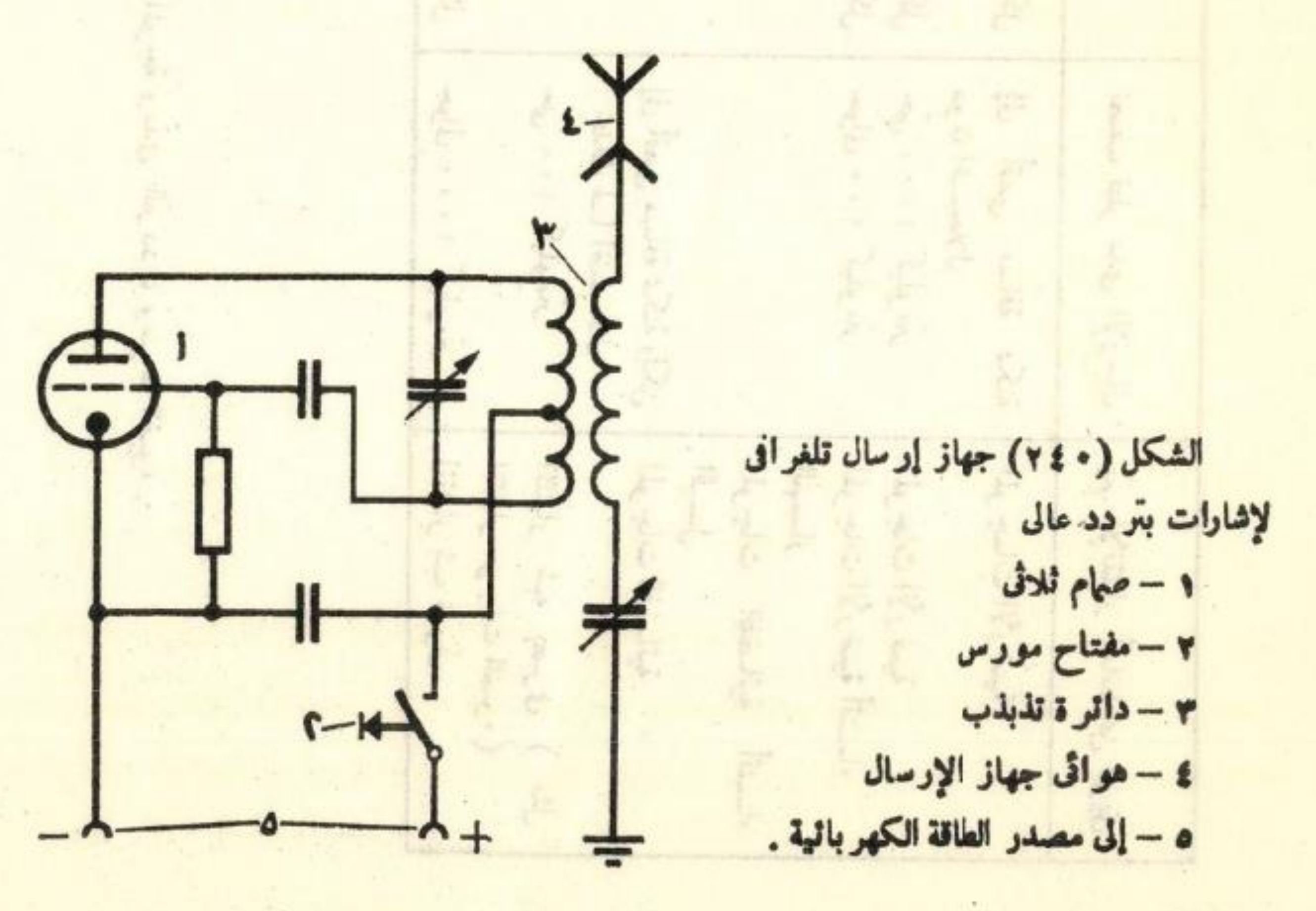
$$\text{متوسط طول الموجة} = \frac{\text{سرعة الضوء}}{\text{مدى التردد}} = \frac{\text{ع}}{\text{د}}$$

حيث أن سرعة الضوء ع تساوى ٣٠٠,٠٠٠ كم فى الثانية .

(٢٧) أجهزة الإرسال التلغرافى ذات التردد العالى :

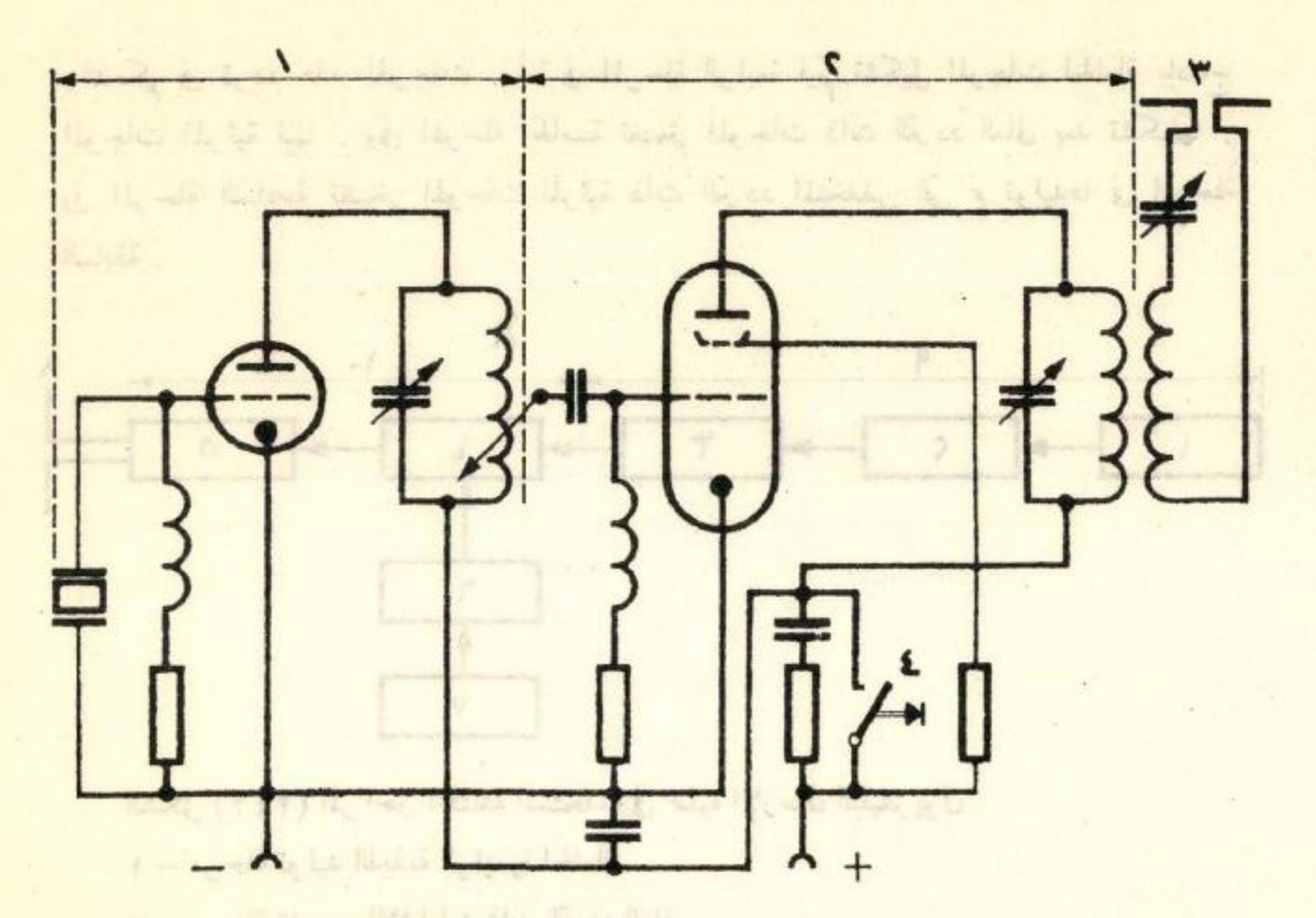
يوجد العديد من التصميمات المختلفة لأجهزة الإرسال التلغرافى ذات التردد العالى . وتتراوح أحجامها بين حجم صندوق الكبريت وحجم عمارة ضخمة ، كما تتراوح قدرتها بين وات واحد ومئات الكيلو وات .

ويبين شكل (٢٤٠) رسما تخطيطيا لدائرة مبسطة جدا من الدوائر المستخدمة فى أجهزة الإرسال التلغرافى ، حيث يقوم مفتاح مورس بعملية قطع ووصل التيار الأنودى المرسل . أى أن المفتاح يقوم بتحويل المعلومات المكونة من نقط وشرط إلى إشارات كهربائية متقطعة . ونصف قطر مدى إرسال هذه الأجهزة صغير نسبيا ، لا يتعدى بضعة كيلو مترات ، وتستخدم لهذا الغرض الموجات ذات التردد المتوسط أو الموجات ذات التردد العالى .



الشكل (٢٤٠) جهاز إرسال تلغرافى لإشارات بتردد عالى

١ — صمام ثلاثى
٢ — مفتاح مورس
٣ — دائرة تذبذب
٤ — هوائى جهاز الإرسال
٥ — إلى مصدر الطاقة الكهربائية .



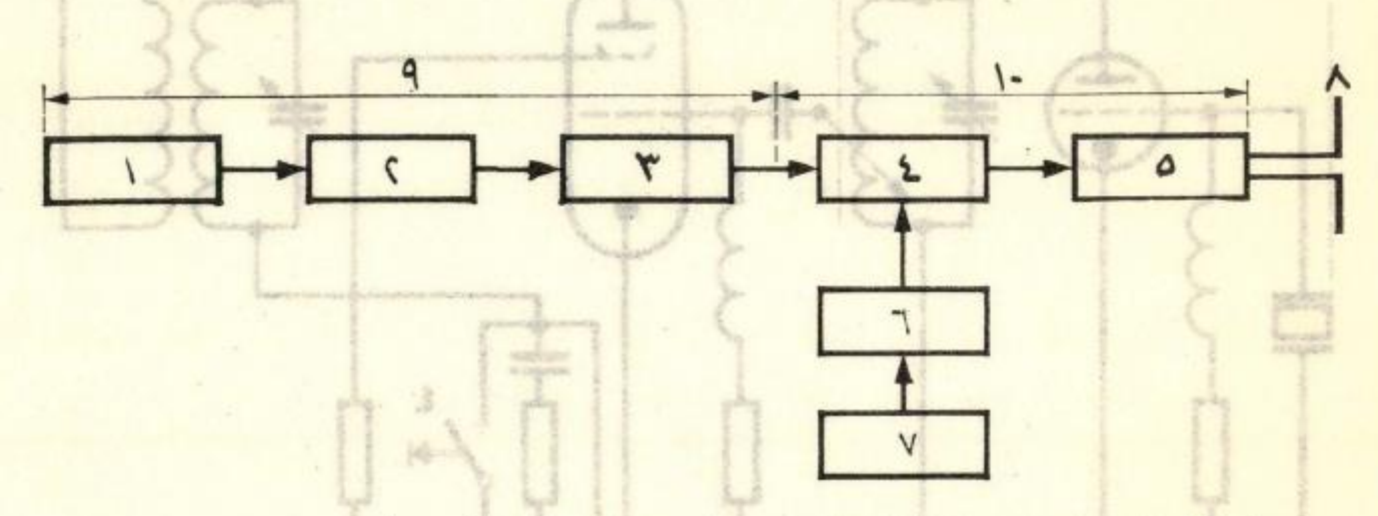
الشكل (٢٤١) جهاز إرسال تلغرافى بالتحكم البلورى لعملية توليد التردد العالى جدا
١ – مرحلة توليد الذبذبة الرئيسية ويتم التحكم فيها بواسطة بلورة
٢ – مرحلة التضخيم ٣ – هوائى جهاز الإرسال ٤ – مفتاح مورس .

ويبين شكل (٢٤١) رسما تخطيطيا لدائرة مستخدمة فى الإرسال التلغرافى ، ويفضل دائما أن يكون الإرسال التلغرافى ثابت التردد . ويستخدم التحكم البلورى حاليا فى تشغيل أجهزة الإرسال التلغرافى الهامة . ومن الشائع استخدام بلورة الكوارتز للتحكم فى التردد الناتج من أجهــزة الإرسال ، وتوضع بلورة الكوارتزبين لوحين معدنيين ، ويحدث أقوى تذبذب وأدق اهتزاز للبلورة الكوارتز عندما يكون تردد القوة الدافعة الكهربائية المسلطة على اللوحين مساويا للتردد الطبيعى للبلورة ، أى عند حدوث حالة الرنين بينهما . وتتميز البلورة بحدة رنينها وقلة اضمحلال اهتزازاتها . ويعاب عليها ارتفاع ثمنها وسهولة كسرها .

(٢٨) أجهزة الارسال التليفزيونى ذات التردد العالى :

يبين شكل (٢٤٢) رسما تخطيطيا للمراحل المستخدمة فى الإرسال التليفزيونى ، وهى نفس المراحل المستخدمة فى الاتصالات اللاسلكية عموما . فيتم فى المرحلة الأولى توليد الموجات الحاملة ذات الذبذبة العالية . وتضخم فى المرحلة الثانية ، وفى المرحلة الثالثة تتم عملية الضبط

والتحكم فى تردد هذه الموجات . أما فى المرحلة الرابعة فيتم تشكيل الموجات الحاملة بإدماج الموجات المرئية فيها . وفى المرحلة الخامسة تضخم الموجات ذات التردد العالى بعد تشكيلها . وفى المرحلة السادسة تضخم الموجات المرئية ذات التردد المنخفض التى تم توليدها فى المرحلة السابقة .



الشكل (٢٤٢) المراحل المختلفة المستخدمة فى عملية الإرسال التليفزيونى

١ – مرحلة توليد الذبذبة الرئيسية الحاملة

٢ – مرحلة تضخيم الإشارات ذات التردد العالى

٣ – مرحلة مضاعفة التردد .

٤ – مرحلة تشكيل الموجات الحاملة .

٥ – مرحلة تضخيم نهائية .

٦ – مرحلة تضخيم الإشارات ذات التردد السمعى .

٧ – مرحلة تحويل الأصوات إلى إشارات بتردد سمعى

٨ – هوائى جهاز الإرسال .

٩ – مرحلة توليد الذبذبة الحاملة وتضخيمها .

١٠ – مرحلة تشكيل الموجات الحاملة بواسطة الإشارات المسموعة

وقبل أن نتكلم عن مرحلة الإرسال التليفزيونى يجب أن نتناول بعض المشاكل الخاصة بعملية الإرسال ، وأهمها :

١ – مشكلة التزامن أو مشكلة ضبط التوقيت فى عملية الإرسال والاستقبال التليفزيونى .

٢ – مشكلة انتشار الموجات التليفزيونية فى خطوط مستقيمة وكيفية التغلب عليها باستخدام محطات الترحيل .

٣ – مشكلة إرسال الصوت والصورة وكيفية استقبالهما معا .

(١) مشكلة التزامن أو مشكلة ضبط التوقيت فى عملية الارسال والاستقبال التليفزيونى :

يتم إسقاط صورة الجسم المراد إرساله على شاشة الإيكونوسكوب (حاجز الموزايك) بعد تسليط الإضاءة المناسبة على هذا الجسم .

وكما سبق شرحه ، تتكون شاشة الإيكونوسكوب من ملايين الخلايا الكهرضوئية ، وكل خلية كهرضوئية من هذه الخلايا عبارة عن مكثف . وعند سقوط الصورة على الشاشة تشحن هذه الملايين من المكثفات بواسطة الخلايا الضوئية . ويعتمد تيار الشحن فى كل مكثف على شدة الإضاءة الواقعة على الخلية الكهرضوئية المناظرة له . أى أن التيار يعتمد على شدة الإضاءة الواقعة على هذه النقطة من صورة الجسم التى يقع تحتها هذا المكثف . وبذلك تترجم الصورة إلى ملايين النقط المتلاصقة ، التى تمثلها ملايين المكثفات المشحونة بتيارات تتناسب شدتها مع شدة الإضاءة الواقعة على كل نقطة من الصورة . ولإرسال هذه الصورة يولد بجهاز الإرسال شعاع إلكترونى يتم توجيهه بكيفية معينة ، بحيث يقوم بمسح الشاشة نقطة وراء نقطة ، وصفا إثر صف . وللقيام بعملية التوجيه بطريقة سليمة ومضبوطة وبسرعة معينة يزود جهاز الإرسال بملفات حارفة (ملفات موجهة) توضع فى طريق الشعاع الإلكترونى ويسلط عليها جهد له شكل أسنان المنشار لتوجيه هذا الشعاع أفقيا ورأسيا بنظام معين وبسرعة معينة .

وعندما يقع الشعع على المكثفات المختلفة ، فإنه يؤدى إلى تفريغ هذه المكثفات الواحد تلو الآخر وبترتيب معين . وينتج من كل مكثف تيار تفريغ تتناسب شدته مع شدة الإضاءة الواقعة على هذه النقطة من الصورة التى تناظر هذا المكثف ، ثم ترسل تيارات التفريغ هذه وبنفس الترتيب إلى جهاز الاستقبال بعد تكبيرها وحملها بواسطة موجات ذات تردد عال .

ولضمان إرسال واستقبال تيارات التفريغ للمكثفات المختلفة بنفس الترتيب تستخدم بأجهزة الارسال دوائر نبضية أو دوائر ضمان ضبط التوقيت ، تقوم بتجزئة تيارات التفريغ الناتجة ، وإرسالها على هيئة نبضات متتالية ، وبترتيب معين ، لحصول فى جهاز الاستقبال على صورة مماثلة للصورة المرسلة . فإذا قام الشعاع فى جهاز الإرسال بمسح أول نقطة فى الصف العلوى الأفقى للصورة من اليسار فإن تيار التفريغ الناتج من أول مكثف يرسل ليتم استقباله فى جهاز الاستقبال التليفزيونى . ويسلط هذا التيار على الملفات الحارفة فى جهاز الاستقبال ليوجه الشعاع الإلكترونى الموجود فى هذا الجهاز لإضاءة النقطة العليا اليسرى فى الصف الأفقى العلوى لشاشة الجهاز . وهكذا نقطة وراء نقطة حتى نهاية الصف الأفقى الأول . وعندئذ ينخفض الجهد الحارف ويتحرك الشعاع الإلكترونى بسرعة ليقوم بمسح الصف الأفقى التالى من اليسار إلى اليمين . وهكذا حتى ينتهى مسح الشاشة ويتحرك الشعاع الإلكترونى فى جهاز الاستقبال بنفس الطريقة وبنفس تزامن الشعاع الإلكترونى فى جهاز الإرسال ، وذلك عن طريق دوائر ضبط التوقيت الموجودة

فيه . وبذلك نحصل على صورة مماثلة تماما للصورة المرسلة من حيث الشكل وشدة الإضاءة والترتيب .

(١) مشكلة انتشار الموجات التليفزيونية فى خطوط مستقيمة وكيفية التغلب عليها باستخدام محطات الترحيل :

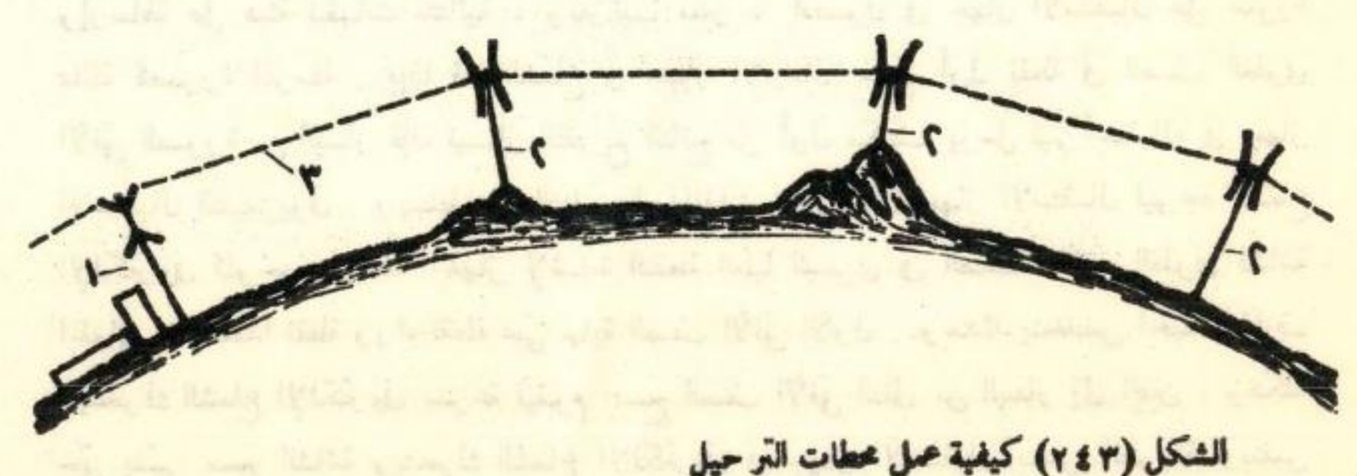
هناك مشكلة مرتبطة بالإرسال التليفزيونى سبق أن أشرنا إليها ، وهى أن الموجات العالية التردد جدا تسلك سلوكا شبه بصرى ، أى أن الموجات تظهر كما لو أنها موجات ضوئية وليست موجات حاملة ، وتزيد هذه الظاهرة وضوحا بازدياد تردد الموجات .

ومن خصائص هذه الموجات أنها تنتشر فى خطوط مستقيمة .

ومعنى ذلك أن الموجات الكهرمغنطيسية الخاصة بالتليفزيون والمنبثة من هوائى أجهزة الإرسال ، تسير فى خطوط مستقيمة ، وأنها لا تسير فى منحنى مواز لسطح الأرض ، أى أن هذه الموجات تبتعد عن الأرض كلما زادت المسافة بين محطة الإرسال وبين أجهزة الاستقبال ، لذلك يجب أن يكون هوائى أجهزة الاستقبال أعلى وأعلى كلما بعدت المسافة عن محطات الإرسال . وحيث أن ارتفاع الهوائى لابد أن يكون محدوداً لاعتبارات كثيرة من ناحية التصميم ومن الناحية الاقتصادية ، لذلك تستخدم محطات تسمى محطات الترحيل ، تعمل على جعل الموجات العالية التردد جدا والمستخدمة فى الإرسال التليفزيونى قريبة من الأرض .

وتنشأ هذه المحطات على مسافات تتراوح بين ٦٠ كيلو متر و ٨٠ كيلو متر .

ويمكن توجيه هذه الموجات باستخدام هوائيات ذات تصميم خاص (هوائيات على شكل قطع ناقص غالبا ، حيث أن الضوء يوجه بواسطة مرايا) أى أن محطات الإرسال التليفزيونى تشع الموجات على هيئة موجات كهرمغنطيسية موجهة . وتقوم محطات الترحيل باستقبالها وتضخيمها ثم إعادة إشعاعها ، بحيث تبقى هذه الموجات موازية لسطح الأرض كلما أمكن ، وبذلك يمكن استقبالها من مسافات بعيدة ، انظر شكل (٢٤٣) الذى يبين كيفية وضع محطات الترحيل :



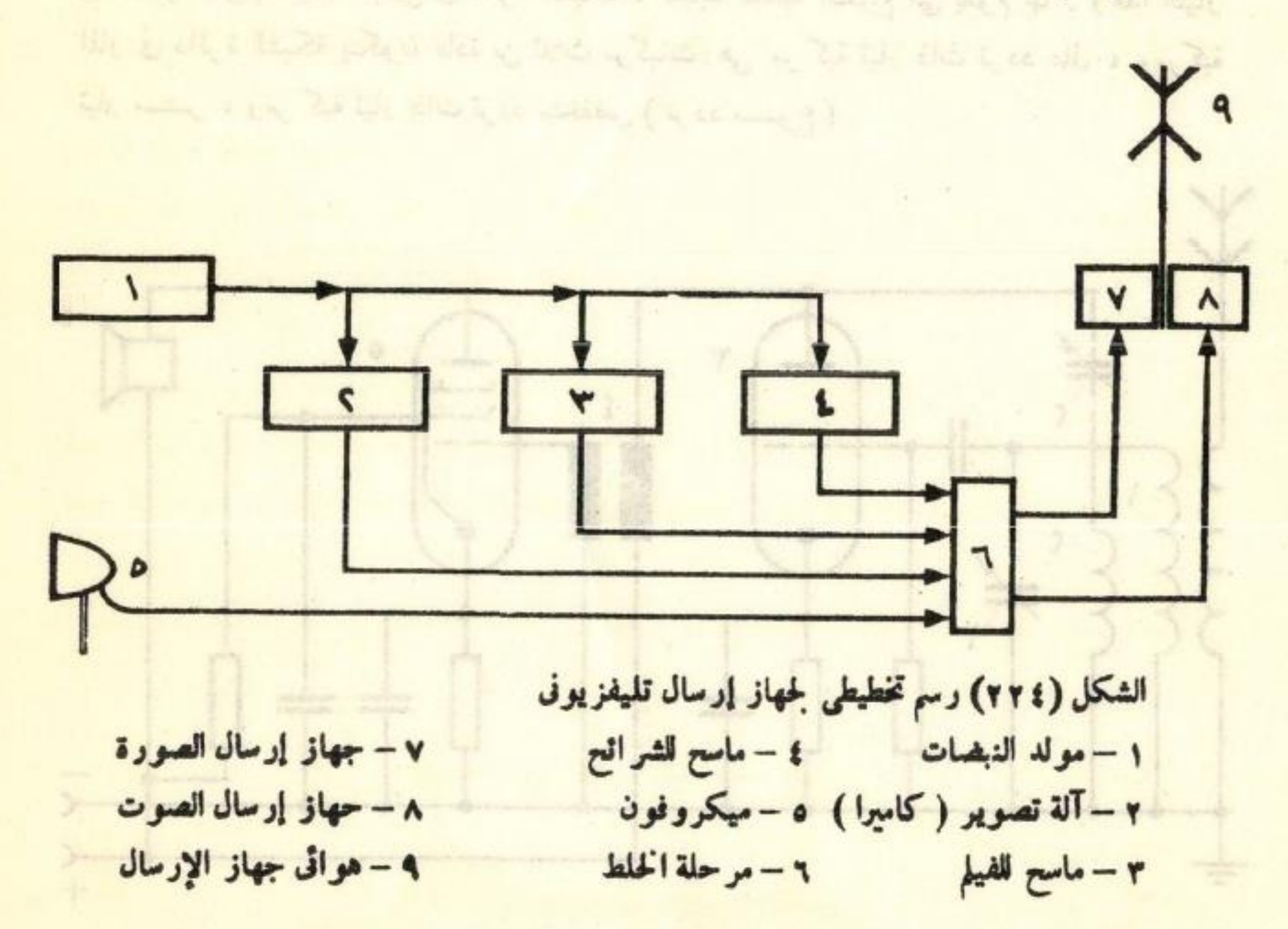
الشكل (٢٤٣) كيفية عمل محطات الترحيل

١ — محطة إرسال ٢ — محطة ترحيل ٣ — الموجات المنتشرة

(٣) مشكلة إرسال الصوت والصورة وكيفية استقبالهما معا :

يوضح شكل (٢٤٤) رسما تخطيطيا لأحد أجهزة الإرسال التليفزيونى .

وهو يتكون من جهازى إرسال بهما مصدر مشترك للطاقة وهوائى مشترك . ويستخدم أحد هذين الجهازين فى إرسال الموجات الضوئية الخاصة بالصورة بعد إدماجها فى موجات حاملة ذات تردد عال جدا ، وقد سبق شرح هذا الجهاز ، فى حين يستخدم الجهاز الآخر فى إرسال الموجات الصوتية المسموعة بعد إدماجها فى موجات حاملة ذات تردد عال . والتصميم الأساسى لهذا الجهاز الأخير لا يختلف كثيرا عن تصميم أجهزة الإرسال ذات التردد العالى المستخدمة فى الراديو ، غير أن التردد المستخدم فى إرسال الصوت فى الأجهزة التليفزيونية يختلف عن التردد المستخدم فى أجهزة الراديو العادية بحوالى ٥,٥ ميجا سيكل إلى ٦,٥ ميجاسيكل حتى لا يتداخل معها .



الشكل (٢٢٤) رسم تخطيطى لجهاز إرسال تليفزيونى

١ – مولد النبضات ٤ – ماسح للشرائح ٧ – جهاز إرسال الصورة

٢ – آلة تصوير (كاميرا) ٥ – ميكروفون ٨ – جهاز إرسال الصوت

٣ – ماسح للفيلم ٦ – مرحلة الخلط ٩ – هوائى جهاز الإرسال

(٢٩) أجهزة استقبال موجات الراديو ذات التردد العالى :

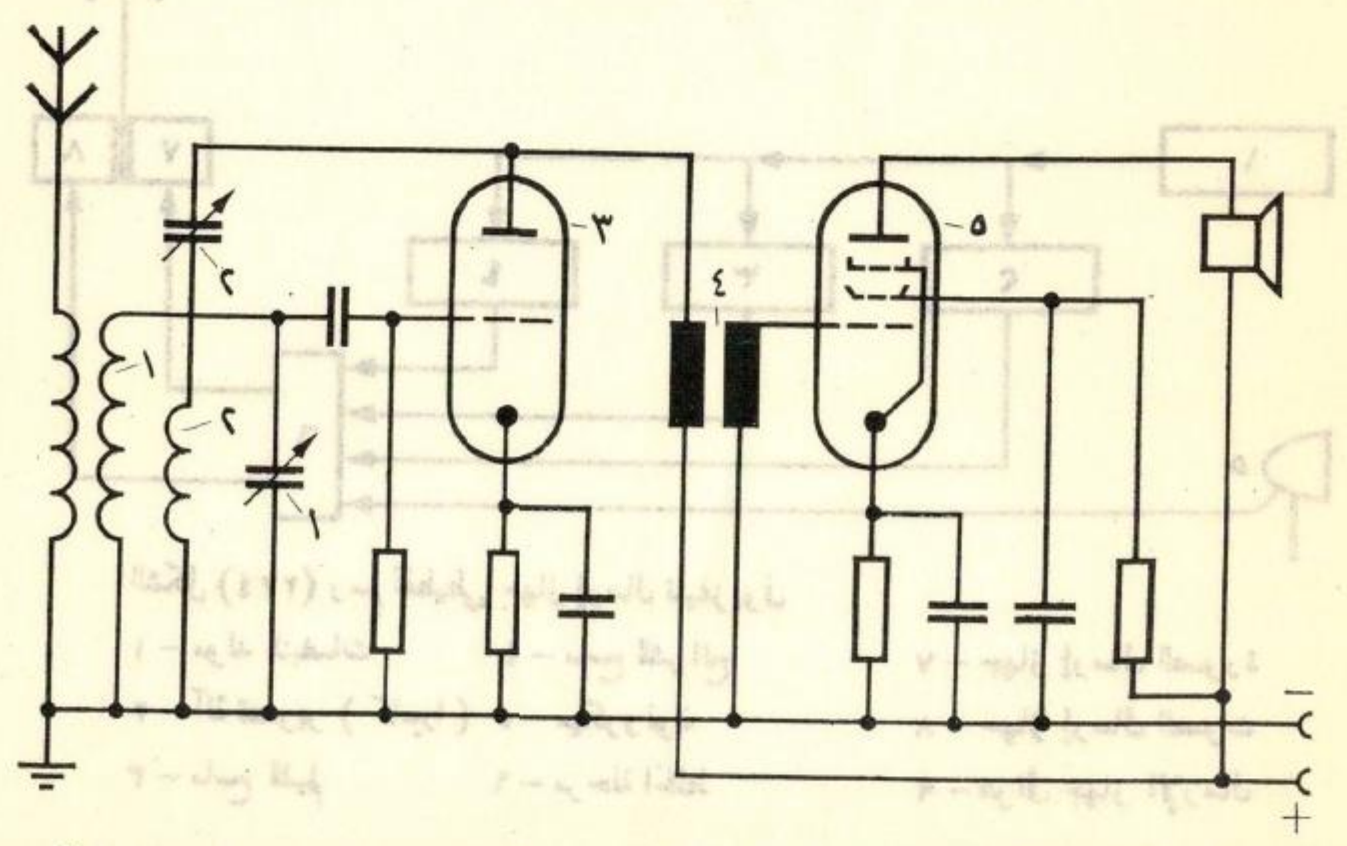
سبق أن ذكرنا عند الكلام عن عملية إدماج الموجات ، أنه يجب فصل الموجات الحاملة ذات التردد العالى عن الموجات الصوتية ذات التردد المسموع ، فى أجهزة الاستقبال عن طريق عملية التقويم حتى يمكن سماعها . وتستخدم لهذا الغرض أنواع شتى من المقومات .

تم عملية فصل الموجات المسموعة عن الموجات الحاملة فى الأجهزة القديمة على مرحلة واحدة . وقد أطلق على مثل هذه الأجهزة اسم « المستقبل المباشر » و « أجهزة الاستقبال ذات الدائرة الوحيدة » .

أما أجهزة الاستقبال الحديثة فتتم فيها عملية التحويل (الفصل) على مرحلتين . وتسمى « أجهزة الاستقبال السوبر هترودين » . وفيما يلى شرح موجز لخصائص كل نوع منهما .

أولا : أجهزة الاستقبال المباشر ذات الدائرة الوحيدة :

يبين شكل (٢٤٥) فكرة تصميم جهاز استقبال مباشر ، وتتميز هذه الأجهزة بأن بها دائرة وحيدة تقوم بعمليتى التقويم والتضخيم معا . ويقوم الصمام الثلاثى الكاشف الموجود فى الدائرة بتوليد تيار نبضى فى دائرة الشبكة ، نتيجة لعملية التقويم التى يقوم بها . وهذا التيار المار فى دائرة الشبكة يتكون عادة من ثلاث مركبات : هى مركبة تيار ذات تردد عال ، ومركبة تيار مستمر ، ومركبة تيار ذات تردد منخفض (تردد مسموع) .



الشكل (٢٤٥) رسم تخطيطى لجهاز استقبال مباشر بدائرة وحيدة يستخدم فيها صمام ثلاثى وآخر خماسى

١ — دائرة التذبذب المكونة من ملف ومكثف متغير ٣ — صمام ثلاثى

٢ — دائرة التغذية المرتدة (المرتجعة) المكونة من ملف ومكثف متغير ٤ — محول للإشارات ذات التر دد المنخفض

٥ — صمام خماسى

وتمر مركبة التيار ذات التردد العالى خلال المكثف المتصل بدائرة الشبكة فى الصمام الثلاثى ، بينما تمر المركبتان الأخيرتان فى المقاومة الموجودة فى دائرة الشبكة . وعلى ذلك ينشأ خلال مقاومة الشبكة جهد متغير حسب ارتفاع وانخفاض التيار ذى التردد السمعى المار فيها . ويؤثر هذا الجهد المتغير على التيار المار فى دائرة الأنود ، ويتغير بالتالى تبعا لتغيره ، وتحدث به نبضات أو موجات سمعية التردد مضخمة، ومماثلة للموجات الصوتية الأصلية . وتتم عملية التكبير فى الصمام الثلاثى كالآتى :

يمر التيار ذو التردد السمعى فى مقاومة الشبكة فيظهر مضخما فى دائرة الأنود . وبالإضافة إلى ذلك ، فإن مركبات التيار ذات التردد العالى المار فى المكثف الموجود فى دائرة شبكة الصمام الثلاثى ، يتم تكبيرها هى الأخرى فى دائرة الأنود ، وعلى ذلك فإن التيار الأنودى يحتوى على تيار ذى تردد عال بالإضافة إلى التيار ذى التردد السمعى . ويفيد التيار ذو التردد التالى بعد تكبيره فى زيادة حساسية جهاز الاستقبال، كما يفيد أيضا فى عملية الانتقاء لمروره عن طريق دوائر التغذية المرتدة كما هو مبين بالشكل .

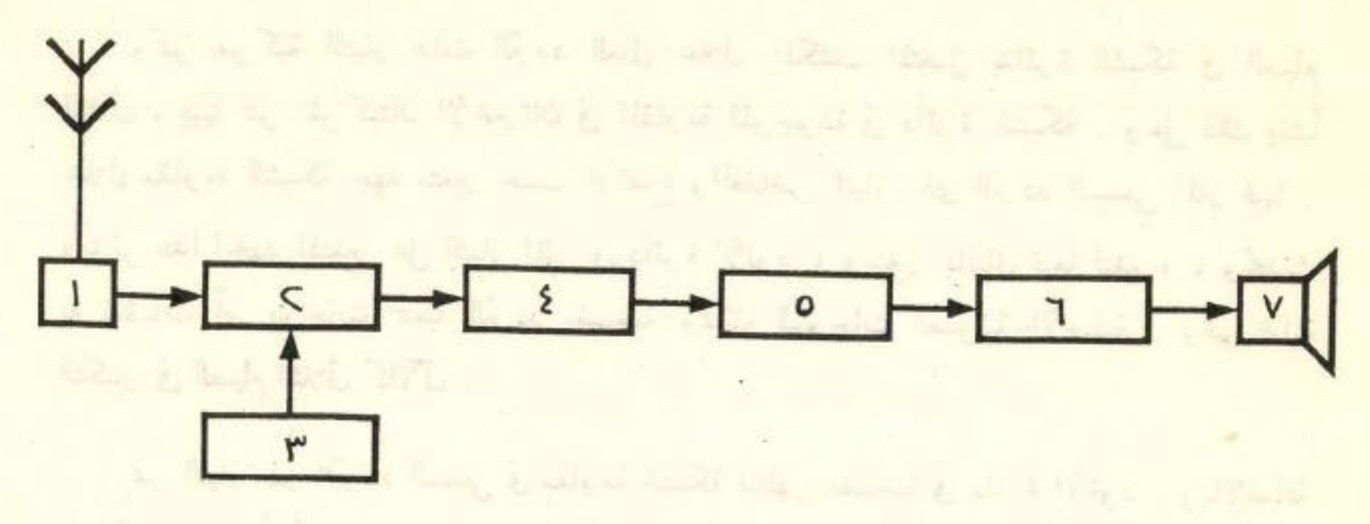
وتبدأ عملية الاستقبال فى هذه الأجهزة باصطدام الاهتزازات العالية التردد التى يلتقطها الهوائى. ثم يسلط الجهد الناتج على دائرة المدخل المولفة على الإشارة المختارة ذات التردد العالى، حيث يتم تكبيرها فى هذه الدائرة بواسطة المجال المغنطيسى للملف المولف . وبذلك تخدم دائرة المدخل المولفة فى عملية الاختيار الابتدائى،وفصل إشارة المحطة المطلوبة عن المحطات الأخرى ، بالإضافة إلى عملية التكبير الأولية.وفى بعض ظروف معينة يصبح المكثف المتغير لدائرة التغذية والملف المولف فى حالة من الإثارة الذاتية بحيث يعمل جهاز الاستقبال كما لو كان جهاز إرسال .

ثانيا : أجهزة الاستقبال السوبرهتروددين (الفعل المتغاير) :

ينبنى عمل جميع أجهزة الاستقبال الحديثة على فكرة السوبر هتروددين التى تتلخص فى أن هذه الأجهزة تحول الإشارات العالية التردد المستقبلة إلى إشارات ذات تردد بينى ثابت (أى تحولها إلى إشارات لها تردد يقع بين تردد الموجات الحاملة وتردد الموجات المسموعة) . مع ملاحظة أن التردد البينى يعتبر تردداً عاليا بالرغم من أن تردده أقل من تردد الموجة الحاملة .

ويبين شكل (٢٤٦) رسما تخطيطيا يوضح مراحل عمل جهاز استقبال سوبر هتروددين .

ومن مميزات هذه الأجهزة استخدام عدد كبير من مراحل التكبير والدوائر المولفة مما يزيد من حساسية الجهاز ودقة الاختيار والثبات ، وهى فى ذلك تفوق أجهزة الاستقبال المباشر .



الشكل (٢٤٦) رسم تخطيطي لجهاز استقبال سوبر هترودين

١ – دائرة الرنين
٢ – دائرة الخلط
٣ – مذبذب
٤ – مرحلة التذبذب البينى
٥ – مرحلة فصل الموجات السمعية عن الموجات الحاملة
٦ – مضخم الإشارات المسموعة .
٧ – مكبر الصوت

وبالرجوع إلى الشكل (٢٤٦) نجد أنه فى المرحلة الأولى تسلط الجهود العالية التردد التى يلتقطها الهوائى على دائرة المدخل المتذبذبة، حيث يتم اختيار الموجة المطلوبة. وفى المرحلة الثانية تخلط الإشارة الداخلة العالية التردد مع الإشارة المتولدة بواسطة جهاز الاستقبال السوبر هترودين ذات التردد العالى، والتى أمكن إنتاجها فى المرحلة الثالثة . وبعد تركيب الإشارتين معا فى المرحلة الثانية (مرحلة الخلط) تمر الإشارتان المركبتان إلى المرحلة التالية رقم (٤) التى تسمى مرحلة التردد المتوسط والتى فيها يغير تردد الموجات الحاملة التى لم تفصل بعد إلى موجة بتردد قيمته ٤٦٨ كيلو سيكل فى الثانية . ثم يسمح للإشارة التى تحمل هذا التردد البينى بعد تكبيرها بالمرور إلى المرحلة (٥) لتحويلها إلى إشارة ذات تردد مسموع ، وهذه المرحلة تسمى مرحلة الكشف أو الفصل . ويستخدم فى هذه المرحلة عدد من المرشحات يسمح بمرور موجات ذات نطاق معين من التردد فقط، وبعد ذلك تكبر الإشارة ذات التردد السمعى مرة أو مرتين فى المرحلة (٦) . ويستخدم لذلك مضخات للإشارات ذات التردد المنخفض ، ومنها إلى المرحلة (٧) أو إلى مكبر الصوت .

وللمرشحات المستخدمة فى هذا المجـال أهمية خاصة . وتتكون عادة من دائرتى تذبذب مولفتين معا بطريقة معينة ، بحيث تسمح فقط بمرور موجات ذات نطاق معين من الذبذبات . وتعتبر قيمة التردد البينى المتوسطة ، ٤٦٨ كيلوسيكل، من أهم العوامل التى تساعد على استخدام مثل هذه المرشحات بكفاءة ، والتى تسمح بمرور الموجات ذات النطاق المعين من التردد ، وتمنع

ماعداها من الإشارات ذات الترددات المختلفة . ويؤدى هذا بالتالى إلى زيادة الحساسية والثبات لهذه الأجهزة .

(٣٠) أجهزة الاستقبال التليفزيونى :

سبق أن أوضحنا أن أجهزة الإرسال التليفزيونى تتكون من جهازى إرسال لهما مصدر مشترك للطاقة وهوائى مشترك . ويستخدم أحد الجهازين فى إرسال الموجات المرئية بعد إدماجها فى موجات حاملة ذات تردد عال جدا . بينما يستخدم الجهاز الآخر فى إرسال الموجات الصوتية المسموعة بعد إدماجها فى موجات حاملة ذات تردد عال أيضا .

ويبين شكل (٢٤٧) أساس تصميم جهاز استقبال تليفزيونى . ومن الرسم يتضح أن أجهزة الاستقبال التليفزيونى تتكون أيضا من جهازى استقبال ، لهما هوائى مشترك ومضخم أولى مشترك . وتمر الموجات الحاملة للصوت والضوء ، بعد اصطدامها بالهوائى المشترك فى جهاز الاستقبال ، إلى ملفات الهوائى ، ومنها إلى دوائر الاختيار ، حيث يتم اختيار الموجات المطلوب تضخيمها .

ثم تفصل الموجات الحاملة للإشارات الصوتية عن الموجات الحاملة للإشارات الضوئية ، وتدخل الموجات الصوتية على جهاز استقبال صوتى ، بينما تدخل الموجات الضوئية على جهاز استقبال ضوئى .

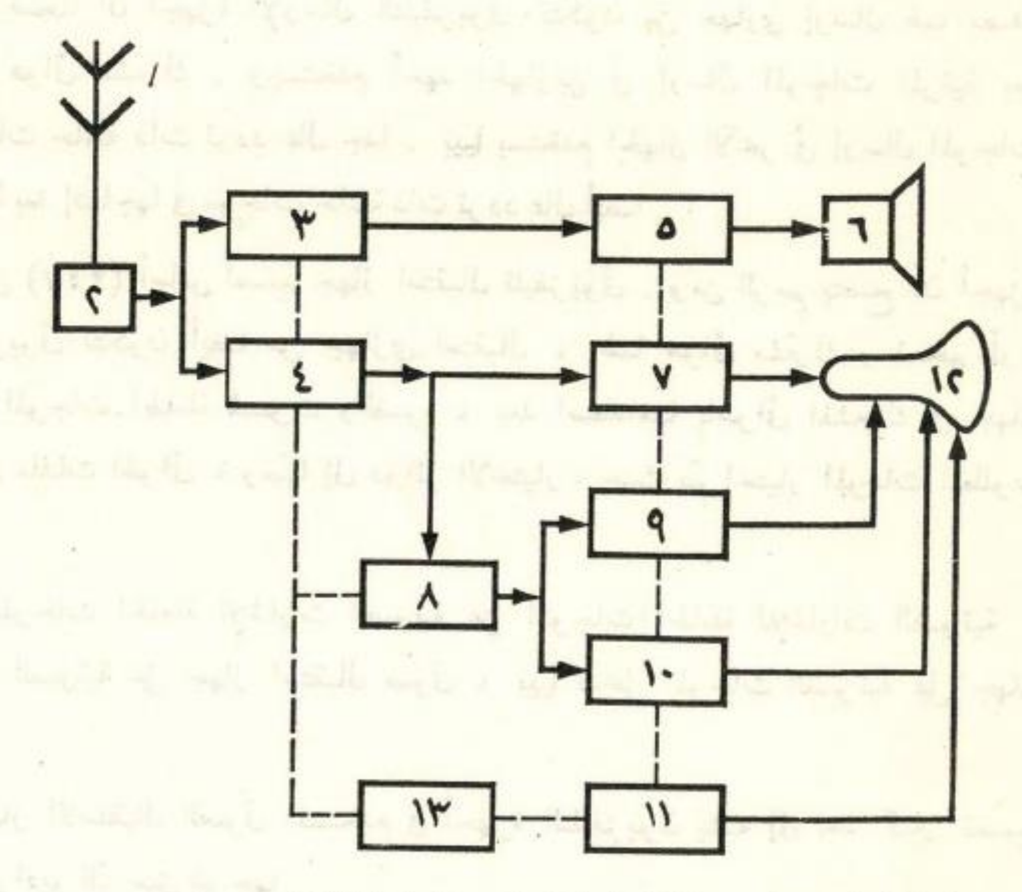
وتصميم جهاز الاستقبال الصوتى المستخدم فى أجهزة التليفزيون يشبه إلى حد كبير تصميم أجهزة استقبال الراديو التى سبق شرحها .

أما تصميم أجهزة الاستقبال الضوئى فهى لا تختلف عن أجهزة الإرسال التليفزيونى .

ونضيف هنا أنه توجد كذلك بأجهزة الاستقبال التليفزيونى ملفات جارفة، أو ملفات كاسحة تغذى بجهد متردد له شكل أسنان المنشار . ويسلط هذا الجهد (كما سبق شرحه) على الملفات الجارفة الرأسية التى تسبب انحراف الشعاع الإلكترونى الكاسح من اليسار إلى اليمين مثلا . وعند وصول الشعاع إلى نهاية الصف ينخفض الجهد المسلط على الملفات الجارفة الرأسية ، ويسلط على الملفات الجارفة الأفقية جهد يؤدى إلى سقوط الشعاع إلى الصف التالى، ثم يعود سريعا إلى الجانب الأيسر . وفى هذه اللحظة يسلط الجهد على الملفات الجارفة الرأسية مرة ثانية ، حتى يقوم الشعاع بمسح (إنارة) الخط الأفقى التالى من اليسار إلى اليمين نقطة وراء نقطة، وهكذا ، وبنفس الترتيب ، وبنفس شدة التيار الموجود فى كل نقطة من نقط شاشة جهاز الإرسال .

وتقوم دوائر ضبط التوقيت (الدوائر النابضة) – التى سبق شرحها – بعملية التزامن المطلوب بين الشعاع الإلكترونى فى جهاز الإرسال والشعاع الموجود فى جهاز الاستقبال ، وبذلك نحصل على صورة مماثلة مع الصورة المرسلة . ويبين شكل (٣٤٨) جهدا مترددا له

شكل أسنان المنشار . وللحصول على صورة متحركة كاملة فى التليفزيون ، (كما يحدث فى الفيلم السينمائى) فإنه يجب عرض أكثر من ١٦ صورة فى الثانية على العين البشرية . ويعرض جهاز التليفزيون ٢٥ صورة فى لثانية .



الشكل (٢٤٧) رسم تخطيطى لمراحل جهاز استقبال تليفزيونى :

١ – هوائى جهاز الاستقبال
٢ – مضخم الإشارات ذات التردد العالى
٣ – مرحلة فصل الموجات السمعية (الصوت) عن الموجات الحاملة
٤ – مرحلة فصل موجات الإشارات البصرية (الصورة) عن الموجات الحاملة .
٥ – مضخم الإشارات ذات التردد المنخفض .
٦ – مكبر الصوت .
٧ – مضخم نبضات التزامن .
٨ – مضخم عملية التزامن
٩ – مولد جهد الملفات الحارفة الأفقية لتوجيه الشعاع رأسيا .
١٠ – مولد جهد الملفات الحارفة الرأسية لتوجيه الشعاع أفقيا
١١ – مولد الذبذبة العالية .
١٢ – صمام الصورة
١٣ – مصدر الطاقة الكهربائية

الشكل (٢٤٨) نموذج لجهد له شكل أسنان المنشار يستخدم فى توجيه الشعاع الإلكترونى
١ – الاتجاه الأمامى للشعاع .
٢ – الاتجاه الخلفى للشعاع (الذى يؤدى إلى سقوطه)

وحيث أنه يوجد بالتليفزيون ٦٢٥ خطاً مسطحاً أفقى للصورة الواحدة ، فإن إرسال ٢٥ صورة فى الثانية ؛ يعنى أن الشعاع الإلكترونى يجب أن يمسح ٦٢٥ خطا ، صفا وراء صف فى $\frac{١}{٢٥}$ من الثانية . وللحصول على صورة جيدة ، فإن الشعاع الإلكترونى لايقوم بمسح الخطوط بطريقة متتالية ، أى ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ .. إلخ ، على التوالى ، وإنما يقوم بعملية مسح ، تسمى المسح المتشابك . أى بمسح الخطوط ١ ، ٣ و ٥ ... إلخ، ثم ٢ ، ٤ ، ٦ إلخ . وبهذه الكيفية يمكن تحاشى الارتعاش الذى يحدث نتيجة للمسح المتوالى .

(٣١) هندسة الرادار :

أساسيات هندسة الرادار :

تعنى كلمة الرادار الكشف وتحديد المواقع ، أو تحديد المدى بواسطة موجات الراديو .

والرادار هو نظام من الأجهزة الإلكترونية الدقيقة . ويتوقف عمله على أن معظم الأجسام تستطيع أن تعكس كمية كافية من طاقة الأمواج اللاسلكية القصيرة التى تصطدم بها . وعلى ذلك تتلخص عمل أجهزة الرادار فى إرسال الموجات اللاسلكية واستقبالها بعد اصطدامها بالأجسام .

ويقوم جهاز الإرسال فى الرادار بإطلاق نبضات من الأمواج اللاسلكية البالغة القصر ، مثل الموجات الديسمترية أو الموجات السنتيمترية . وترسل النبضات على فترات قصيرة جدا وفى تتابع ثابت . وعلى سبيل المثال ، يمكن أن تكون مدة استمرار النبضة مساوية لنصف الفترة التى تفصل بين النبضة والنبضة التالية لها .ويطلق قطار الموجات (سلسلة النبضات) إلى الفضاء فى اتجاهات معينة ، وعندما تقابل هدفا فإنها تنعكس ويلتقطها جهاز الاستقبال . أى أن هوائى جهاز الاستقبال يقوم بالتقاط صدى النبضات المرتدة . ويمكن تحديد بعد الهدف عن جهاز الإرسال بحساب الزمن المنقضى بين إرسال الموجة واستقبالها (بمعلومية سرعة انتقال الأمواج اللاسلكية) .

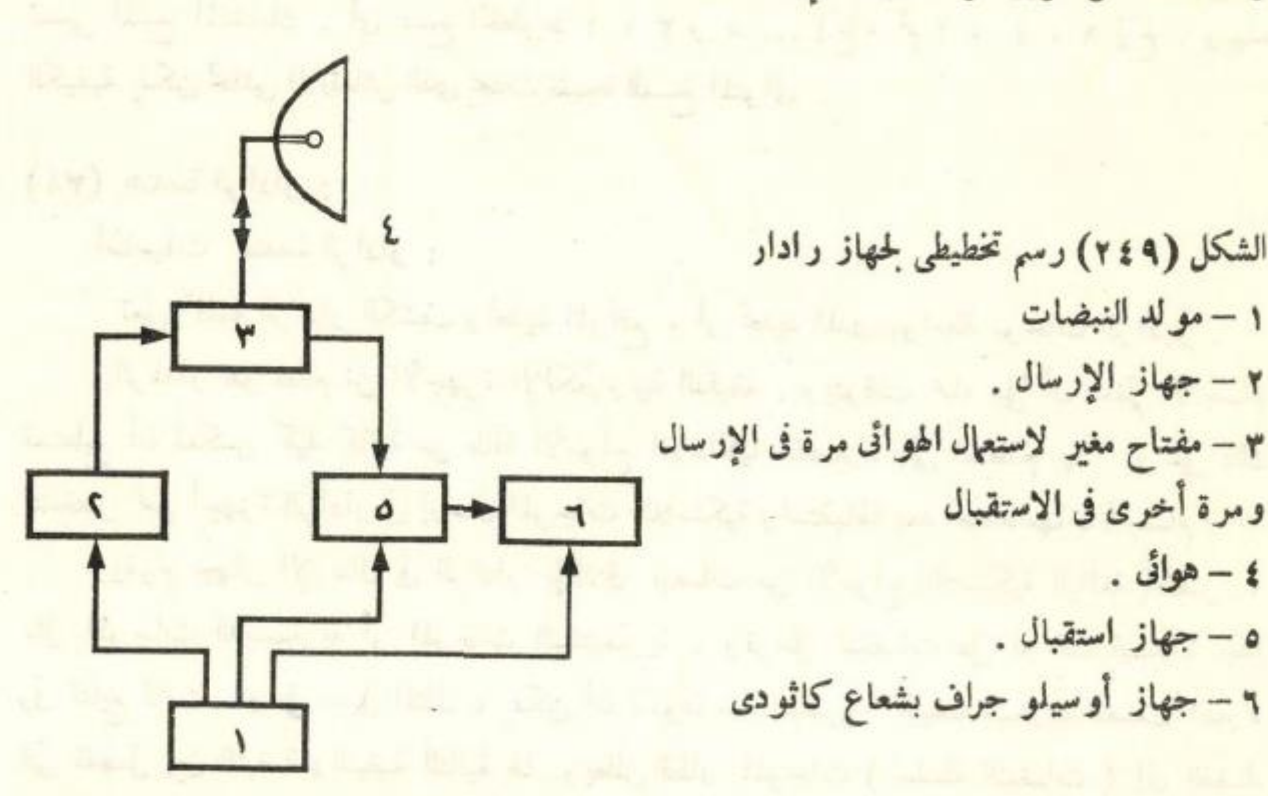
ومن الصعوبات التى صاحبت تصميم الرادار ما يأتى :

(١) إن عودة صدى الموجات المنعكسة يتم فى مدة وجيزة نسبيا ، (حتى ولو كانت المسافة بين الهدف والمرسل بعيدة) . ويتطلب قياس هذه المدة القصيرة استخدام أجهزة إلكترونية خاصة وذات دقة عالية .

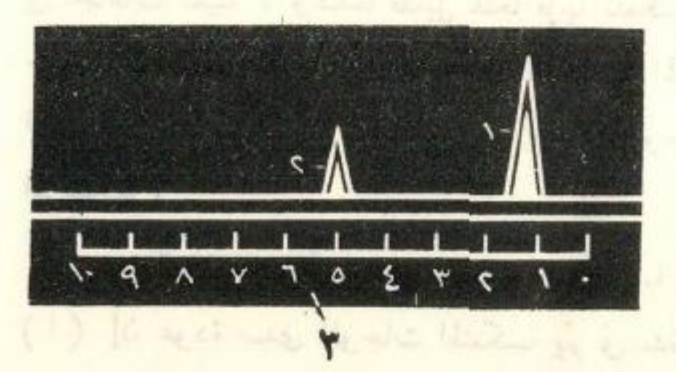
(ب) إن الطاقة الناتجة من اصطدام الموجات المرتدة بهوائى أجهزة الاستقبال منخفضة للغاية ، ويتطلب ذلك استخدام أجهزة استقبال بالغة الحساسية : مع استخدام مضخمات ذات كفاءة عالية .

التصميم الأساسى لمعدات الرادار :

يبين شكل (٢٤٩) رسما تخطيطيا لمراحل الإرسال والاستقبال المستخدمة فى معدات الرادار . وأولى هذه المراحل توليد النبضات بواسطة مولد يقوم بإرسالها إلى جهاز الإرسال القوى . وتقوم بلورات بالتحكم فى تردد هذه النبضات وتنظيم فترات استمرارها . وتستخدم هذه البلورات أيضا فى تحديد الأزمنة التى تفصل النبضات عن بعضهما البعض . ويتم إشعاع هذه النبضات فى الفضاء عن طريق هوائى جهاز الإرسال .



الشكل (٢٤٩) رسم تخطيطى لجهاز رادار
١ – مولد النبضات
٢ – جهاز الإرسال .
٣ – مفتاح مغير لاستعمال الهوائى مرة فى الإرسال ومرة أخرى فى الاستقبال
٤ – هوائى .
٥ – جهاز استقبال .
٦ – جهاز أوسيلو جراف بشعاع كاثودى



الشكل (٢٥٠) مبين بعد الهدف باستخدام جهاز أوسيلو جراف
١ – النبضات المرسلة
٢ – صدى النبضة المرسلة (النبضة المرتدة)
٣ – مبين بعد الهدف عن جهاز الإرسال .

وبمجرد انطلاق حزمة النبضات الأولى يجب أن ينقطع الإرسال ، كما يجب أن ينقطع الإتصال بين الهوائى والمرسل طوال الفترة التى تفصل بين النبضات وبعضهاالبعض ، ويبقى المرسل

خاملا حتى يتمكن جهاز الكشف (جهاز الاستقبال) من التقاط الإشارة المرتدة من الهدف . ويجب أن يكون زمن هذه الفترة كافيا ليمكن رؤية صورة الهدف على شاشة صمام الأشعة الكاثودية (الأوسيلو جراف) ، والتقاط صورة فوتوغرافية للهدف إذا لزم الأمر .

ويبين شكل (٢٥٠) صورة النبضات التى استقبلت بواسطة الجهاز بعد رسمها على شاشة الأوسيلوجراف . ويلاحظ هنا أن توجيه هوائى أجهزة الرادار له تأثير هام فى عملية الإرسال والاستقبال . ولهذا السبب تستخدم الهوائيات على شكل قطع ناقص فى معظم الحالات . وبفضل هذا التصميم أصبح لتلك الهوائيات قدرة على التركيز المؤثر للموجات الكهرمغنطيسية القصيرة جدا والتقاطها وإرسالها .

استعمال معدات الرادار :

١ – يستخدم الرادار بجانب الأغراض الحربية فى عدة أغراض مدنية هامة منها مسح الأراضى بواسطة المستقبلات البانورامية .

تعتبر هذه الأجهزة تحسينا للمعدات السابق وصفها . وهذه المعدات تستخدم فى عمليات مسح الأرض ، وتحديد المواقع من الطائرات وخاصة فى حالة تعذر الرؤية . ويمكن لهذه الأجهزة تصوير الأماكن المراد مسحها ، ومشاهدة صورها على شاشة صمام الأشعة الكاثودية (الأوسيلو جراف) ، والتقاط صورة فوتوغرافية لها إذا لزم الأمر .

وتستخدم فى معدات الرادار الحديثة هوائيات ، تدور حول محور رأسى . ودوران هذه الهوائيات يتم فى تزامن مع دوران ملفات توجيه الشعاع الكاثودى الموجود حول عنق شاشة صمامات الصورة . ويمكن مشاهدة تفاصيل الصورة المرتدة على شاشة أجهزة الاستقبال بواسطة صدى نبضات الموجات المرسلة بعد التقاطها ، ولوضوح تفاصيل الصورة يفضل تزويد شاشة أجهزة الاستقبال بمواد فلورسنتية ذات خواص معينة . تتميز بقدرتها على إبقاء الصورة لمدة كافية وبوضوح تام حتى يمكن أخذ صورة لها .

٢ – تنظيم حركة المرور الجوية :

بالإضافة إلى استخدام الرادار فى الدفاع الجوى ، فإن المستقبلات البانورامية تستخدم أيضا فى تنظيم حركة المرور الجوية، حيث يمكن بواسطة هذه المعدات تحديد ارتفاع وبعد الطائرات عن أماكن الهبوط . ويتم هذا التحديد بسرعة وبسهولة متناهيتين . وترسل هذه المعلومات إلى الطيار لمساعدته على الهبوط بسلام . وقد تستخدم هذه المعلومات فى بعض الأحيان لتزود بها الأجهزة المستخدمة فى هبوط الطائرات تلقائيا (الهبوط الأعمى) . وبفضل هذه الأجهزة ، أصبح الهبوط فى الضباب عملية ممكنة وسهلة نسبيا .

٣ – تنظيم حركة الملاحة البحرية :

تحسن نظام الملاحة البحرية إلى درجة كبيرة باستخدام معدات الرادار البانورامية . وأصبح الدخول إلى الموانى أقل خطورة ، وخاصة فى حالة وجود ضباب كثيف أو عند تعذر الرؤية أثناء الليل .

٤ – أبحاث الفضاء :

يستخدم الرادار فى تحديد المسافات بين الأجرام السماوية ، كما يستخدم فى متابعة القذائف الصاروخية والأقمار الصناعية بدقة متناهية ، ويرجع ذلك إلى أن جهاز الرادار يمكنه أن يستقبل صدى النبضات المرسلة بعد اصطدامها بالأهداف البعيدة ، حتى ولو كانت على بعد يزيد على ١٠٠ مليون كيلو متر من مكان جهاز الاستقبال .

الباب الخامس

مصادر تغذية اجهزة الارسال والاستقبال بالتيار المستمر

(٣٢) تصنيف مصادر تغذية أجهزة الإرسال والاستقبال :

تحتاج المضخمات وأجهزة الاستقبال والإرسال والمعدات المستخدمة فى هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية إلى تيار مستمر . وتستخدم لهذا الغرض عدة أنواع من مصادر الطاقة الكهربائية ، التى تمد هذه المعدات بالتيار المستمر المناسب. وقد سبق شرح هذه المصادر ، وأهمها .

(ا) مصادر الطاقة الكهر كيمائية ، مثل الخلايا الابتدائية والثانوية ، التى تقوم عادة بتغذية أجهزة الإرسال والاستقبال الصغيرة الحجم ذات القدرات الضعيفة ، والتى يطلق عليها أحيانا اسم المستقبلات الجيبية أو المستقبلات السهلة الحمل .

(ب) مجموعة المحرك – مولد التى يستخدم فيها عادة محرك ثلاثى الأطوار لإدارة مولد تيار مستمر. وتصمم مثل هذه المجموعات لتغذية معدات هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية الكبيرة الحجم ذات القدرات العالية .

(ج) التيار المستمر الناتج من عمليات التقويم (التوحيد) للتيار المتردد . ويستخدم مثل هذا التيار فى الأجهزة الثابتة والأجهزة المتوسطة الحجم .

(٣٣) المشاكل المتعلقة بالتيار المستمر الناتج من تقويم التيار المتردد :

عند تصميم جهاز من أجهزة الاستقبال أو الإرسال ، يفضل دائما تحديد مصدر التيار المستمر الذى يستخدم فيه ، ويتم ذلك بالإجابة على السؤالين الآتيين :

١ – هل استخدام مصدر الطاقة الكهر كيميائية فى هذا الجهاز اقتصادى أم لا ؟ وللرد على هذا السؤال نقول : إنه من المعروف أن مصادر الطاقة الكهر كيميائية تستخدم بصفة رئيسية فى تغذية الأجهزة الصغيرة الحجم ذات القدرات الضعيفة .

٢ – ما هى مواصفات التيار المستمر الذى يمكن الحصول عليه من مجموعة المحرك – مولد ومن عمليات التقويم ، وذلك إذا قورنت بمواصفات التيار المستمر الذى نحصل عليه من مصادر الطاقة الكهر كيميائية؟ .

من المعروف أيضا أن التيار المستمر الذى نحصل عليه من مجموعة المحرك – مولد ، أو من عملية تقويم التيار المتردد ، عبارة عن تيار نابض متغير الشدة ، به تموجات شديدة . ولذلك لا يصح استخدام هذا التيار المستمر على حالته،وخاصة فى الأجهزة التى تستدعى ثبوت التيار وخلوه من التموجات ، كأجهزة الراديو والتليفزيون ، أو أى نوع من أنواع الأجهزة التى تستخدم فيها المضخمات . ويرجع ذلك إلى أن هذه التموجات تؤدى إلى وجود تداخل على هيئة أصوات همهمة أو صفير فى سماعات الأذن أو فى المكبر . ويجب ملاحظة أن هذه الأصوات تكبر وتضخم بواسطة الصمامات الإلكترونية أو الترانزستور .

ولذلك تستخدم المرشحات المناسبة التى توصل (على التوالى أو على التوازى) مع المقومات (الموحدات) أو المولدات ، بحيث نحصل على تيار مستمر ناعم أملس خال من النبضات أو التموجات، أى نحصل على تيار مستمر يشبه إلى حد كبير التيار الناتج من المصادر الكهر كيميائية . وبذلك نمنع الشوشرة أو التداخل الذى يؤدى إلى التأثير على سلامة السمع كلما ازدادت شدة تموجات التيار المستمر .

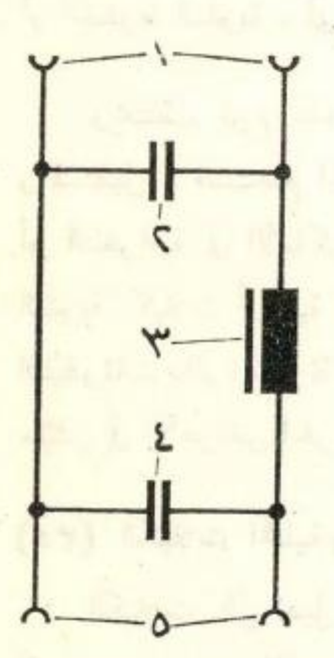
(٣٤) مرشح الموجات :

يوضح شكل (٢٥١) رسما تخطيطيا لدائرة مرشح الموجات المستخدم لتنعيم التيار المستمر النابض حتى يمكن استعماله فى تغذية أجهزة الراديو أو المعدات المستخدمة فى هندسة الإتصالات السلكية واللاسلكية .

وتتكون دائرة المرشح عادة من ملف خانق ومكثف للتنعيم .

ولشرح كيفية عمل المرشح ، فإننا سنأخذ حالة تيار مستمر نابض نصف موجى مطلوب تنعيمه بواسطة المرشح المبين بالشكل (٢٥١). وفيه يشحن المكثف (٢) خلال النصف الأول للموجة وتخزن الشحنة طوال فترة ارتفاع (نمو) جهد المنبع حتى يصل إلى نهايته القصوى . ويجب أن نلاحظ أن عملية شحن المكثف تتم بالتدريج ،نظرا لتزايد المجال الكهربائى المتكون بالمكثف، مما يؤدى إلى تأخير معدل الزيادة الكبيرة فى ارتفاع الجهد . وعندما يصل جهد المنبع إلى نهايته القصوى ويبدأ فى الانخفاض ، يبدأ المكثف فى تفريغ جزء من طاقته المخزونة . ولا يتم التفريغ بطريقة فجائية نظرا لوجود الملف الخانق فى طريق تيار التفريغ ، حيث أن هذا الملف يتميز بممانعة كبيرة تؤدى إلى تأخير معدل التفريغ ، ويؤدى هذا التأخير إلى تقليل معدل إنخفاض جهد المنبع . وبهذه الطريقة يقل معدل الزيادة والانخفاض فى جهد المنبع . ويتضح من الشكل (٢٥٢) أن الجهد الناتج بعد عملية الترشيح لا تصل قيمته القصوى إلى نفس القيمة القصوى لجهد المنبع النابض، وإنما يقل عنها، كما أن أقل قيمة له لا تصل إلى الصفر، أى تتم عملية تسوية للجهد الناتج من الترشيح، بحيث لا يرتفع ولا ينخفض بشكل ظاهر . وبذلك نحصل على

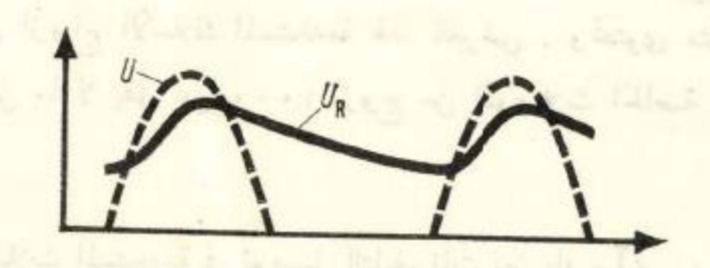
جهد أكثر ثباتا ونعومة من جهد المنبع . غير أنه يعاب على هذا الجهد الناتج من عملية الترشيح، وجود تموجات فى جزئه العلوى لها ترددات عالية . لذلك يستخدم مع دوائر الترشيح ، دوائر أخرى يطلق عليها دوائر التنعيم ، ويمكن بواسطة هذه الدوائر التخلص من التموجات العالية التردد الموجودة فى الجزء العلوى من التيار أو الجهد الناتج من الترشيح . وتتكون دوائر التنعيم من ملف ومكثف لتنعيم (٤) يوضعان ناحية الخرج من دائرة الترشيح. ويوضح الشكل (٢٥١) دائرتى التنعيم والترشيح معا . ويفيد ملف التنعيم فى مقاومة مرور الجزء العلوى من التيار ذى الترددات الكبيرة ، حيث أن ممانعته تزيد بزيادة التردد ، كما أن مكثف التنعيم يؤدى هو الآخر إلى تقليل معدل ارتفاع وانخفاض التموجات،وبذلك نحصل فى النهاية على تيار مستمر خال من التموجات بقدر الإمكان ، ويشبه إلى حد كبير التيار المستمر الذى نحصل عليه من مصادر الطاقة الكهر كيميائية .



الشكل (٢٥١) مرشح الموجة

١ – من المقوم
٢ – مكثف الشحن
٣ – ملف خانق
٤ – مكثف التنعيم
٥ – إلى أجهزة الاستقبال

الشكل (٢٥٢) يبين الخط المتواصل الجهد الناتج بعد الترشيح ، بينما يبين الخط المتقطع الجهد النابض قبل الترشيح



الباب السادس

طرق الاتصال السلكية واللاسلكية

ترسل المعلومات أو الإشارات الكهربائية إما بالطرق السلكية أو الطرق اللا سلكية .

أولا : طرق الاتصال السلكية :

وفيها تنقل المعلومات والإشارات من المرسل إلى المستقبل باستخدام الكبلات الأرضية أو الخطوط العلوية ، أى بواسطة الأسلاك .

ويختلف نوع هذه الأسلاك وتصميمها باختلاف المعلومات المرسلة والمسافة بين المرسل والمستقبل . فتستخدم الخطوط العلوية المركبة على أعمدة فى نقل المعلومات والإشارات التليفونية أو التلغرافية فى الأماكن الخلوية وفى القرى ولوصل البلدان بعضها ببعض . ويحل محل الخطوط العلوية كبلات أرضية فى المدن لسهولة التوصيل وقلة نفقات الإنشاء . وقد تستخدم فى هندسة التليفونات دائرة مكونة من سلك واحد فقط مع استخدام الأرض كسلك رجوع . وهذا الاستخدام منتشر فى الأغراض الحربية .

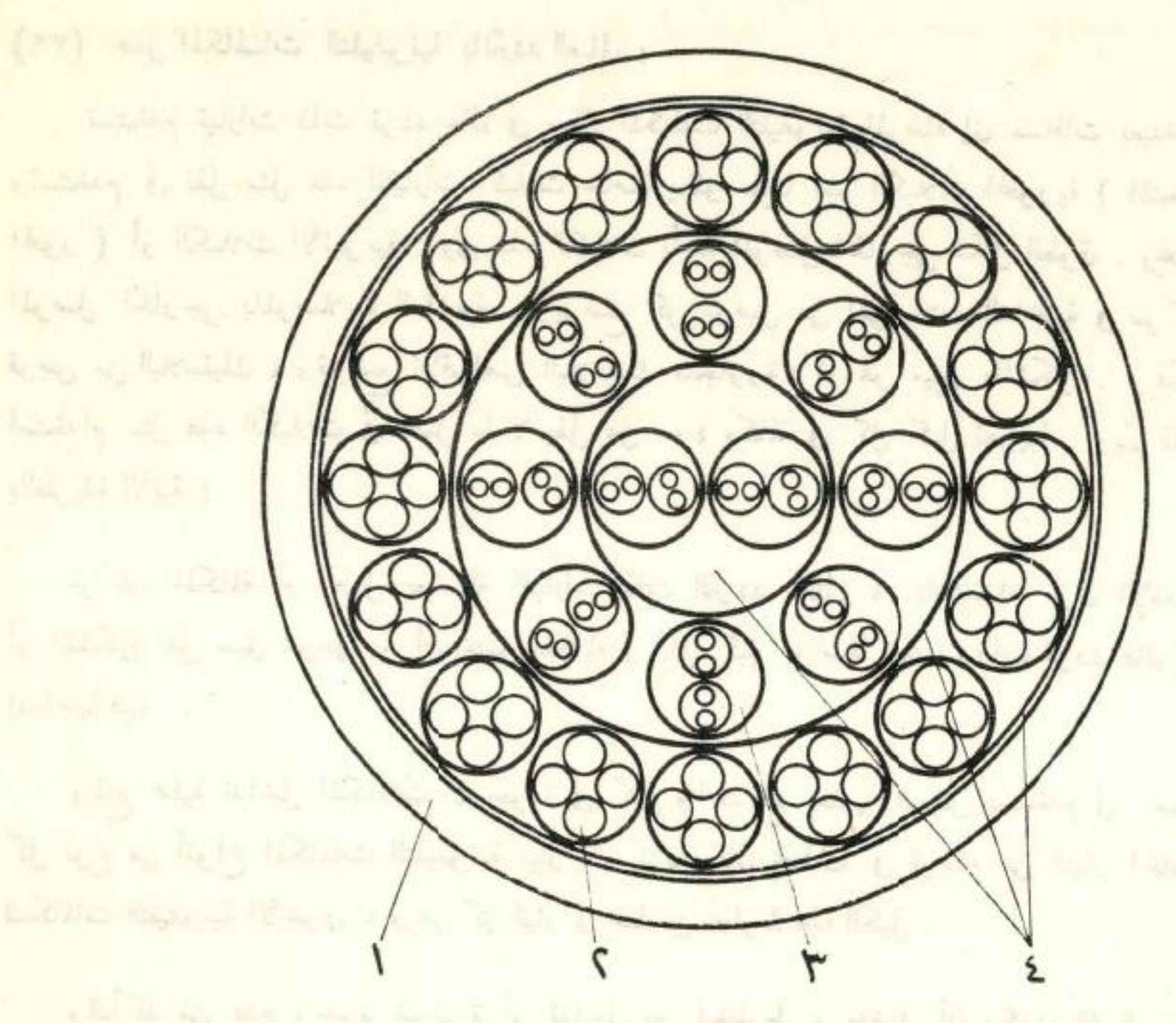
(٣٥) الكبلات المحلية وكبلات الترنك :

الكبلات التى تصل البلدان ببعضها البعض داخل المدن تسمى الكبلات المحلية ، أما تلك المستخدمة لتوصيل المكالمات التليفونية بين المدن أو بين الدول نتسمى كابلات الترنك .

ويتميز تصميم التليفونات الأتوماتيكية الحديثة بما يعرف بالتبادل التليفونى ذى الكفاءة العالية . ولهذا السبب تتألف الكبلات الأرضية المستخدمة فى توصيل التليفونات بعضها مع بعض داخل المدن من أعداد كبيرة من ازواج الأسلاك المستخدمة لهذا الغرض . وتحتوى مثل هذه الكبلات ، فى بعض الأحيان . على ما لا يقل عن ١٠٠٠ زوج من الموصلات الخاصة بحوالى ٢٠٠٠ تليفون .

أما كبلات الترنك ، أى الكبلات المستخدمة فى توصيل التليفونات بين بلد وآخر ، فيصل عدد أزواج الأسلاك التى تحتوى عليها إلى ١٧٠ زوج من الموصلات .

ويوضح شكل (٢٥٣) قطاعا فى أحد كبلات الترنك .



الشكل (٢٥٣) قطاع لكبل محورى للترنك

١ – غلاف من الرصاص

٢ – كبل رباعى (به أربعة موصلات)

٣ – كبل توأم رباعى

٤ – ورق عازل

ولزيادة كفاءة التوصيل التليفونى ، تثنى أسلاك التوصيل المستخدمة فى التليفونات بطريقة معينة . ويؤثر طول الكبلات ، وطريقة ثنى الأسلاك ، فى كفاءة المحادثات التليفونية ، وذلك نتيجة لتأثيرها على سعة المكثفات وعلى قيمة الممانعات المستخدمة فى الدوائر التليفونية . ولزيادة كفاءة الاتصال التليفونى تستخدم بعض الملفات التى توضع على مسافات معينة من الأسلاك التليفونية (كل ٢ كيلو متر تقريبا) ، بهدف زيادة قيمة الحث لخط التليفونى . كما يفضل تركيب مضخمات من الصمامات الإلكترونية أو الترانزستور على مسافات تتراوح بين ٧٥ ، ١٠٠ متر (تبعا لطراز الكبل المستخدم) إذا زاد طول الكبل على حد معين .

(٣٦) حمل المكالمات التليفونية بالتردد العالى :

تستخدم تيارات ذات تردد عال فى حمل المكالمات التليفونية المرسلة إلى مسافات بعيدة . وتستخدم فى نقل مثل هذه التيارات كبلات خاصة يطلق عليها اسم الكبلات المحورية (المتحدة المحور) أو الكبلات الأنبوبية . وفى هذه الكبلات يأخذ الموصل الخارجى شكل الطوق . ويحيط الموصل الخارجى بالموصلات الداخلية . ويوضع كل موصل من الموصلات الداخلية فى مركز قرص من البلاستيك ، وتوضع الأقراص البلاستيك متجاورة، كما هو مبين بالشكل . ويمكن استخدام مثل هذه الكبلات فى حمل ما لا يقل عن ٤٠٠ مكالمة فى كل كبل تقريبا . ويتم ذلك بالطريقة الآتية :

تركب المكالمة أو تحمل بواسطة التيارات ذات التردد العالى ، باستخدام طرق الإدماج أو التشكيل التى سبق شرحها ، أى تحمل المكالمة فى كل كبل بواسطة تيارات ذات تردد عال يتم إدماجها فيها .

ولمنع عملية تداخل المكالمات الموجودة فى كبل واحد مع بعضها البعض يستخدم فى حمل كل نوع من أنواع المكالمات التليفونية تيار ذو تردد عال يختلف فى تردده عن التيار الحامل للمكالمات التليفونية الأخرى ، ويمر كل تيار فى خط من خطوط هذا الكبل .

وللتأكد من عدم وجود شوشرة أو تداخل بين الخطوط ، يفضل أن يكون الفرق بين تردد التيارات المختلفة الحاملة للمكالمات التليفونية ٤ كيلو سيكل فى الثانية على الأقل . فإذا كان تردد التيار الحامل لإحدى المكالمات ١٠ كيلو سيكل مثلا ، فإن تردد التيار الحامل للمكالمة الثانية يكون ١٤ كيلو سيكل ، وهكذا . وبهذه الكيفية يمكن استخدام الكبل المحورى لحمل أكثر من ٤٠٠٠ مكالمة مركبة على بعضها البعض .

وفى نهاية الكبل المحورى ، يفصل التيار ذو التردد المسموع عن التيار ذى التردد العالى . وترسل المكالمة بعد ذلك خلال الكبلات المحلية إلى أجهزة التليفون .

ثانيا : طرق الاتصال اللاسلكية :

وفيها تنقل المعلومات والإشارات من المرسل إلى المستقبل عبر الفضاء باستخدام الموجات الكهرمغنطيسية . وقد سبق أن بينا خواص الموجات الكهرمغنطيسية ذات التردد العالى المستخدمة فى حمل التيارات ذات التردد المسموع ، حتى يمكن إرسالها خلال الفضاء . كما بينا العلاقة بين التردد وطول الموجة فى هذه الموجات اللاسلكية عند الكلام عن مدى الإرسال اللاسلكى . ولمعرفة كيفية انتشار الموجات الكهرمغنطيسية فى الجو يجب أن نتفهم طبيعة الغلاف الجوى .

(٣٧) الغلاف الجـوى :

يتكون الغلاف الجوى من النيتروجين والأكسيجين والهيدروجين وبعض الغازات الأخرى . وتبلغ كثافة الهواء أقصاها على سطح الأرض ، حيث يقوم الهواء بدور العازل .

والغلاف الأرضى هو الطبقة السفلى من الغلاف الجوى ، ويمتد إلى ارتفاع يتراوح بين ١٠ ، ١٤ كيلو متر . أما فى الطبقات العليا فيبدأ الهواء فى التحلل والتأين . وهذه الطبقات العليا غير متجانسة . ويختلف سمك ودرجة توصيل طبقات الغلاف الجوى (الغلاف الأيونى) باختلاف ارتفاعها عن سطح الأرض ، كما تختلف أيضا من وقت لآخر أثناء النهار ،وأثناء الليل، وعلى مدار السنة .

وتتحكم خصائص الغلاف الجوى ، والعواصف ، وغيرها ، فى انتشار موجات الراديو .

(٣٨) الموجات السماوية والموجات الأرضية :

سبق أن بينا أن الموجات الكهرمغنطيسية ذات الموجة الطويلة جداً (بتردد منخفض جداً) والموجات الطويلة (بتردد منخفض) تنتشر موازية لسطح الأرض، ويطلق عليها اسم الموجات الأرضية. أما الموجات القصيرة والموجات القصيرة جداً فتنتشر بزاوية على سطح الأرض ويطلق عليها اسم الموجات الفضائية (الموجات السماوية) . أما الموجات المتوسطة فتنتشر أثناء النهـار موازية لسطح الأرض ، أى تصبح موجات أرضية ، وتنتشر أثناء الليل بزاوية على سطح الأرض (أى تتحول إلى موجات فضائية) ، انظر الشكل (٢٥٤) .

وبذلك يمكن تقسيم الموجات الكهرمغنطيسية تبعاً لكيفية الإنتشار إلى :

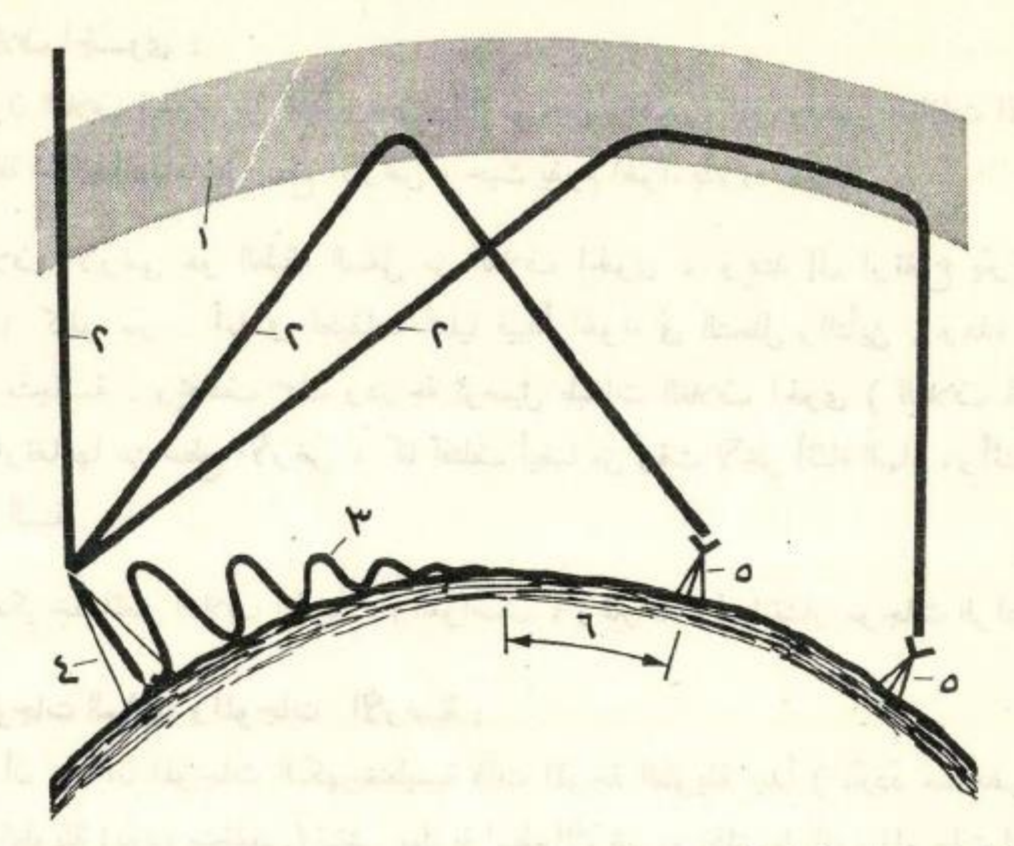
(ا) موجات أرضية :

(ب) موجات فضائية .

(أ) الموجات الأرضية :

وهى الموجات الكهرمغنطيسية التى تنبعث أفقياً وتنتشر موازية لسطح الأرض فى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى . ومن أمثلة الموجات التى تسلك فى انتشارها أساساً سلوك الموجات الأرضية الموجات الطويلة جداً ، والموجات الطويلة (٣,٠ كم إلى ٣٠ كم) وبتردد يتراوح بين (١٠ ، ٣٠ كيلو سيكل) ، كما تسلك الموجات المتوسطة (٣٠ متر - ٣٠٠ متر) وبتردد يتراوح بين (٠,٣ إلى ٢ ميجا سيكل) سلوك الموجات الأرضية أثناء النهـار فقط .

وتتميز الموجات الأرضية بأنهـا تنتشر إلى مسافات طويلة جداً إلا أنه يعاب عليهـا أنهـا تفقد طاقتهـا أثناء انتشارها إذا ما اصطدمت بالحواجز أو الموصلات أو المبانى الخرسانية العالية .



الشكل (٢٥٤) سلوك الموجات الكهرمغنطيسية المستخدمة فى الاتصالات اللا سلكية

١ – الغلاف الأيونى	٤ – جهاز الإرسال
٢ – موجة فضائية (سماوية)	٥ – جهاز الاستقبال
٣ – موجة أرضية	٦ – منطقة الصمت .

لذلك تعتبر الموجات الطويلة أكثر الموجات ثباتاً واستقراراً إذا ما انتشرت فوق المحيطات أو الأماكن الخلوية دون أن يعترضها أى عائق ، حيث أن اصطدام هذه الموجات بالأسطح المعدنية والمبانى الخرسانية والحديدية يؤدى إلى تولد تيارات دوامية فيها . وهذه التيارات الدوامية تؤدى بالتالى إلى فقد جزء كبير من طاقة هذه الموجات .

(ب) الموجات الفضائية

وهى الموجات الكهرمغنطيسية التى تشع بزاوية على سطح الأرض . وقد سبق أن بينا أن طبقات الغلاف الجوى (الغلاف الأيونى) الموجودة على ارتفاع يتراوح بين ١٠٠ ، ٥٠٠ كيلومتر هى طبقات متأينة (متحللة) تحيط بالكرة الأرضية ويطلق عليها اسم طبقات « هيفى سيد – كنيللى » . ويمكن للموجات الفضائية اختراق هذا الغلاف بدرجات تختلف باختلاف ترددها ، ثم تنعكس وتعود ثانية إلى الأرض .

ومن أمثلة الموجات التى تسلك فى إنتشارها أساساً سلوك الموجات الفضائية الموجات الديسمترية ، والموجات القصيرة جداً ، والموجات القصيرة (٣٠ سم إلى ٣٠ متر) بتردد يتراوح بين ٣ ميجاسيكل ، ٣٠٠٠ ميجاسيكل . أما الموجات المتوسطة (٣٠ متر – ٣٠٠ متر) وبتردد يتراوح بين ٠,٣ إلى ٣ ميجا سيكل ، فتسلك سلوك الموجات الفضائية أثناء الليل فقط .

ومن الممكن تحديد سلوك الموجات الكهرمغنطيسية المختلفة عند انتشارها تبعاً لترددها كالآتى :

الموجات الديسمترية (٢٠ سم فأقل) بتردد يتراوح بين ٣٠٠ ، و٣٠٠٠ ميجاسيكل .

تتميز الموجات الديسمترية بأنها تنفذ خلال طبقات الغلاف الأيونى ولا تنعكس بل تذهب إلى الكواكب . ولذلك نستخدم الموجات التى يتراوح ترددها بين ٢٠ ، ٢٠,٠٠٠ ميجاسيكل فى أبحاث الفضاء ولا تصلح للإرسال الأرضى .

الموجات القصيرة جدا والموجات القصيرة (٣٠ سم إلى ٣٠ متر) بتردد يتراوح بين ٣ ميجاسيكل ، ٣٠٠٠ ميجاسيكل :

تسلك هذه الموجات فى انتشارها أساساً سلوك الموجات الفضائية (السماوية) حيث تخترق طبقات الغلاف بدرجات تختلف باختلاف ترددها، ثم تنعكس ثانية إلى الأرض بحيث يمكن التقاطها عند مناطق معينة من محطة الإرسال .

ونضيف هنا أن لهذه الموجات القصيرة موجات تسلك سلوك الموجات الأرضية ، غير أنها لا تفيد فى الإرسال إلا لمسافة قريبة جداً من محطة الإرسال لأنها تمتص بسهولة فى الغلاف الأرضى .

ومن هذه الحقيقة السابقة أمكن تفسير وجود المنطقة المسماة « منطقة الصمت » ، وهى المنطقة الواقعة بين نهاية المدى الذى تنتشر فيه الموجات الأرضية لأية موجة (طويلة أو متوسطة أو قصيرة) ، وبين بداية المدى الذى تبدأ عنده الموجات الفضائية لنفس الموجة فى الانتشار بعد انعكاسها من طبقات الجو العليا .

وهذا يوضح ظاهرة إمكان جهاز استقبال من التقاط محطة إرسال وهو على بعد ٥٠٠ كيلومتر منها ، بينما لا يقدر نفس الجهاز على ألتقاط نفس المحطة وهو على بعد ٢٠٠ كيلومتر منها .

الموجات المتوسطة (٣٠ متر – ٣٠٠ متر) وبتردد يتراوح بين ٠,٣، ٣ ميجاسيكل)

تعتبر الموجات المتوسطة أكثر الموجات استخداماً فى الإذاعة . وتتميز بأنها تسلك سلوك الموجات الأرضية نهاراً ، بينما تسلك سلوك الموجات الفضائية (السماوية) ليلا . ولا يتأثر

انتشارها عملياً بمختلف تغيرات الغلاف الأيونى . ولهذه الموجات أيضاً منطقة صمت ، ولكنها أقل من منطقة الصمت الموجودة فى الموجات القصيرة . وقد يحدث بعض الخفوت لهذه الموجات أثناء الليل نتيجة لتداخل الموجات الفضائية مع الموجات الأرضية .

الموجات الطويلة (٣,كم إلى ٣٠ كم) وبتردد يتراوح بين ١٠ ، ٣٠ كيلوسيكل :

تسلك هذه الموجات فى انتشارها أساساً سلوك الموجات الأرضية حيث أن موجاتها الفضائية (السماوية) تمتص بسهولة فى الغلاف الجوى . و لاتوجد لهذه الموجات منطقة صمت طويلة . وتصلح هذه الموجات فى الإرسال فوق البحار والأماكن المكشوفة .

ويمكن القول فى النهاية أنه عند اختيار طول الموجة الكهرمغنطيسية (تردد الموجة) المناسبة لإرسال أى نوع من المعلومات يجب مراعاة الآتى :

١ – نوع المعلومات المرسلة .

٢ – وقت إرسالها (أثناء النهار أو أثناء الليل أو أى وقت فى مدار السنة) .

٣ – طول المسافة بين جهازى الارسال والاستقبال .

٤ – طبيعة الأرض أو الفضاء الذى تمر به هذه الموجات .

* * *

transmission	نقـل
transmitter	مرسل
tubular	أنبوبى
tuning oscillation circuit	دائرة مولفة التذبذبات
turns	لفـــات
two-phase	ثنائى الطور
type	طـراز
vacuum	فراغ

variable	متغير
vector	متجه
via	عن طريق
visible signal	إشارة مرئية
voltage drop	هبوط الفلطية
wave	موجـه
wave filter	مرشح موجه
windings	لفيفات
wireless	لاسلكى

repulsion motor محرك تنافرى
residual magnetism مغنطيسية متبقية
resistance مقاومــة
resistor مقــاوم
saturation تشبع
sawtooth سن المنشار
scale تدريج
scanning مسح
schematic representation تمثيل تخطيطى
screen grid شبكة حجب
screening حجب
secondary current
تيار ثانوى (تيار الملف الثانوى)
sector قـطاع
selection اختيــار
selector switch مفتاح إنتقاء كهربائى
self-induction حث ذاتى
selectivity انتقائية
semi-conductor شبه موصل
sensitive حساس
series motor محرك بلف على التوالى
shaft عمود إدارة
short circuit دائرة نصر
short wave موجة قصيرة
signal إشــارة
single phase أحادى الطور
sinusoidal جيبى
socket outlet مقبس

space waves
موجات فضائية (موجات سماوية)
specimen عينــة
speed of rotation سرعة الدوران
stability اتزان – استقرار
star connection توصيلة النجمة
stationary ثابت
stator عضو ساكن
strip خوصــة
structure تركيب
superheterodyne reception
استقبال سوبر هترودين
switch gear مفاتيح التشغيل
synchronization تزامــن
system نظام

telegraph modulated waves
موجات مشكلة تلغرافياً
temporal مؤقت
three-phase ثلاثى الأطوار
thermal حرارى
thermoplastics لدائن حرارية
thermosetting plastics
لدائن مصلدة حرارياً
transducer
محول طاقة (محول معلومات إلى إشارات
كهربائية)
transfering نقــل
transformer محول
transient عابر (انتقالى)

magnetism مغنطيسية
magnetization مغنطة – تمغنط
magnitude مقـدار
mega - cycle ميجاسيكل
mesh circuit دائرة مقفلة
molecule جزئ
modulation تشكيل (تضمين)

negative charge شحنة سالبة
network شبكة
neutral point نقطة تعادل
non-conductor غير موصل

ohmic resistance مقاومة أومية
oscillator مذبذب

paramagnetic بارامغنطيسى
peak value قيمة الذروة
period دورة
periodicity دوريـة
permanent دائم
permeability نفاذية
phenomena ظاهرة
physician فيزيق
plastics لدائن
polarity قطبية
polarisation استقطاب
pole قطب
pole changer مغير القطب
portable نقالى

potential difference فرق الجهد
potentiometer بوتنشيومتر (مقاومة قياس فرق الجهد)
power factor عامل القدرة
power meter عداد القدرة
power station محطة توليد القدرة
precision دقـة
primary circuit دائرة ابتدائية
propagation امتداد – انتشار – انتقال

quotient خارج قسمة

radar رادار
radial نصف قطرى
radio - receiver جهاز استقبال راديو
range مـدى
rate معدل
rated voltage جهد مقنن
reactance مفاعلة
reactive غير فعال
rectifier مقـوم
reed ريشـة
regulating switch مفتاح منظم كهربائى
relative permeability نفاذية نسبية
relay متابع – مرحل
remanence استبقائية
rheostat ريوستات (مقاومة متغيرة)
rotating machine مكنة دوارة
rotor عضو دوار

generator مولد
geometric هندسى
glow lamp مصباح متوهج
graduation تدريج
ground waves موجات أرضية

harmonic oscillations تذبذبات توافقية
headphone سماعة رأس
helical spring زنبرك لولبى
H.F. reciever مستقبل تردد عالى
H.F. transmitter مرسل تردد عالى
high frequency تردد عالى
homogeneous متجانس
hysteresis loop
منحنى أنشوطى للمغنطيسية المتبقية

impregnated مشرب بالزيت
impulse نبضة
incandescent مصباح متوهج
indicating instrument جهاز مبين
induced current تيار منتج بالحث
inductance محاثة
inductive حثى
inductor محث
influence تأثير
in - parallel على التوازى
input دخل
in series على التوالى
installations تركيبات

instantaneous لحظى
insulation loss فقد العزل
insulating material مادة عازلة
interferance تداخل
interlinking توصيل متبادل
image frequency تردد الصورة
intermediate frequency تردد بينى
interrelation علاقة متبادلة
intensity شدة

key switch مفتاح كهربائى بذراع
knob زر

lag تخلف
lamp holder دواة مصباح
leakage current تيار تسرب
limits of error حدود الخطأ
lightening arrester مانعة صواعق
linear خطى
lines of flux خطوط الفيض
live part جزء مكهرب
local oscillator مذبذب محلى
loop حلقة
loud speaker مكبر الصوت
low voltage جهد منخفض

mains مأخذ رئيسى
magnet مغنطيس
magnetic field strength
شدة المجال المغنطيسى

distortion تشويه
direct current تيار مستمر
discharge lamp مصباح تفريغ
displacement إزاحة
distribuion station محطة توزيع
division قسم
driving energy طاقة دافعة
duration دوام
dynamic effect تأثير ديناميكى
dynamo دينامو

earthing تأريض
earth leakage تسرب للأرض
eddy currents تيارات دوامية
efficiency كفاءة
electrical circuit دائرة كهربائية
electrical potential جهد كهربائى
electric appliances
مستخدمات كهربائية (أجهزة تعمل بالكهرباء)
electric charge شحنة كهربائية
electric field مجال كهربائى
electricity كهرباء
electric meter عداد كهربائى
electric power قدرة كهربائية
electro-chemical كهركيميائى
electrode إلكترود
electrodynamic
ديناميكى كهربائى (كهرديناى)
electrolytic إلكتروليتى
electromagnet مغنطيس كهربائى

electrometer
جهاز قياس فرق الجهد الكهربائى
electromotive force قوة دافعة كهربائية
element عنصر
elongation استطالة
emission انبعاث
energy طاقة
equilibrium اتزان
equipment معدات
equivalent مكافئ
expansion تمدد

factor عامل
feed-back تغذية مرتجعة (تغذية مرتدة)
ferromagnetic substance
عنصر عالى الإنفاذية المغنطيسية
fidelity أمانة
field مجال
filament فتيلة التسخين
filter مرشح
finger contact مجس
flux فيض
frequency تردد
frequency modulation تشكيل التردد
function دالة
fundamentals أساسيات

galvanic cell خلية جلفانية
gap ثغرة
generation توليد

channel قنـاة
charge شحنة
charging equipment معدات شحن البطاريات
charcoal فحم نبـاتى
choke coil ملف كابح للتيار
characteristics خصائص مميزة
circuit arrangement ترتيبة دائرة
circuit breaker قاطع دائرة
circuit diagram رسم دائرة
circuit elements عناصر الدائرة
clamp قامطة — ماسك
classification تصنيف
clockwise direction اتجاه عقارب الساعة
closed loop حلقة مغلقة
clutch قابض
coaxial transmission line خط نقل محورى
coefficient معامل
coercive force قوة قهرية
coil ملف
communications اتصالات
commutator مبدل (عضو التوحيد)
condenser مكثف
compound - wound motor محرك بلف مركب
conducting plate لوح موصل
conductivity موصلية
conductor موصل
conduit مجرى

constant ثابت
contactor مفتاح تلامس
continuity استمرارية
control تحكم
converter محول مغير
coresheet رقائق الصلب
cosine جيب تمـام الزاوية
counter عـداد
coupling sleeve كم قارن
coupling capacitor مكثف ترابط
crystal structure تركيب بلورى
current intensity شدة التيـار
cycle دورة

damping تخميد (مضاءلة)
dark radiator مشع مظلم
decay اضمحلال
delta connection توصيلة دلتـا
demodulation فك التشكيل
density كثافة
deposited مرسب
detection كشف
deviation انحراف
device نبيطة (وسيلة)
diagramatic تخطيطى
diamagnetic دايامغنطيسى
dielectric وسط عازل
dielectric strength متانة العزل
dim light ضوء خافت
diode صمام ثنائى

المصطلحات الفنية

(انجليزى ـ عربى)

absolute مطلق
accumulators مراكم
air gap ثغرة هوائية
alkaline قلوى
alloy سبيكة
alternating متردد
ammeter أميتر (جهاز قياس شدة التيار)
amplifier مكبر (مضخم)
angular زاوى
amplitude modulation
التشكيل الكمى (تشكيل الذروة)
antenna هوائى
anticlockwise عكس عقارب الساعة
apparent power قدرة ظاهرة
armature عضو إنتاج
arrangements ترتيبات
atom ذرة
atomic theory النظرية الذرية
attraction تجاذب
asynchronous لا متزامن
audio-frequency تردد سمعى
automatic regulator منظم أتومانيكى
auto excitation إثارة تلقائية
axle محور

ballast unit وحدة كبح التيار
band of frequencies نطاق الترددات
beating تضارب
battery بطارية
bell transformer محول جرس
blade نصل
block diagram رسم تخطيطى للمراحل
boundary layer طبقة الحدود
branch joint وصلة تفرع
bright radiator مشع مضىء
brush فرشاة (فرشة)
bundle حزمة
bushing جلبة ـ وصلة كبل
buzzer زنان

cable كبل
cable socket عروة توصيل الكبل
cable trench مجرى الكبل
capacitance مواسعة (سعة)
capacitive reactance مفاعلة سعوية
capacitor مكثف كهربائى
casing غلاف
cell خلية
ceramic خزفى



مطابع الاهـــرام التجارية

سلسلة الأسس التكنولوچية

١ – الكيمياء الصناعية
٢ – أشغال الخشب (النجارة) .
٣ – الالكترونيات
٤ – المخرطة
٥ – الأمان الصناعى
٦ – براد التجميع
٧ – هندسة الموتوسيكلات .
٨ – النظائر فى البحث والصناعة .
٩ – تشكيل المعادن بدون قطع .
١٠ – الأساسيات الكهربائية ج ١
١١ – الأساسيات الكهربائية ج ٢
١٢ – الجداول الفنية (–)
١٣ – الرسم الفنى (–)
١٤ – اللحام بالغاز ج ١ (–)
١٥ – اللحام بالغاز ج ٢ (–)
١٦ – اللحام بالغاز ج ٣ (×)
١٧ – أشغال المعادن (×)
١٨ – هندسة الجرارات (×)
١٩ – التركيبات الكهربائية (×+)
٢٠ – هندسة السيارات (×+)
٢١ – أشغال قطع المعادن (×+)

(–) نفد وسيعاد طبعه
(+) طبعة ثانية
(×) تحت الطبع وتصدر تباعا

مطابع الأهرام التجارية